



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**“ESTUDIO DE DRENAJE URBANO DE LA CIUDAD LA TRINIDAD PARA, EL
DISEÑO DE 850 METROS DE OBRAS DE DRENAJE PLUVIAL EN EL BARRIO
VILLA TRINIDAD DEL MUNICIPIO LA TRINIDAD, DEPARTAMENTO DE ESTELÍ”**

Para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por

Br. Alexander Laguna Laguna
Br. Daniel de Jesús García Ruíz

Tutor

M. Sc. Ing. Ricardo Javier Fajardo González

Managua, octubre 2019

Dedicatoria

Dedicamos este trabajo monográfico especialmente a Dios nuestro Padre Celestial, por darnos principalmente la vida y la oportunidad de estudiar esta profesión, por regalarnos inteligencia y fortaleza para poder vencer los obstáculos durante los años de nuestra carrera.

A nuestros padres, hermanos y Lic. Nohemí Jocabet Calderón Amador, por el apoyo incondicional que nos brindaron, su comprensión y amor, alentándonos día a día a seguir adelante para llegar alcanzar nuestra meta.

A nuestro tutor M.Sc.Ing. Ricardo Javier Fajardo González por brindarnos la oportunidad de desarrollar nuestro trabajo monográfico con calidad, acompañándonos en todo momento.

Agradecimiento

Agradecemos a nuestro Dios por habernos acompañado y guiado a lo largo de este proceso de titulación, por ser nuestra fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarnos una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

A nuestros padres por los valores que nos han inculcado, por darnos la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de nuestras vidas, sobre todo por el ejemplo a seguir.

A nuestros hermanos y Lic. Nohemí Jocabet Calderón Amador por estar en cada fase del proceso monográfico, siendo guía y pilar fuerte para alcanzar nuestra meta.

A nuestro tutor M.Sc.Ing. Ricardo Javier Fajardo González por dirigirnos y acompañarnos en cada etapa de este trabajo, por animarnos y darnos lecciones de aprendizaje que nos fortalecieron intelectualmente, reforzando nuestros conocimientos.

Resumen ejecutivo

El presente trabajo monográfico “Diseño del sistema de drenaje pluvial para el barrio Villa Trinidad” fue debidamente planificado para la mejora de la infraestructura y la gestión del drenaje urbano del barrio, permitirá mejorar las condiciones actuales de vida de sus habitantes.

El estudio consiste en el diseño del sistema pluvial sostenible basados en normativas y criterios definidos en el área hidráulica adaptándose a las condiciones que presenta la zona, a los parámetros básicos del diseño de un drenaje pluvial que complementa el drenaje superficial existente.

Para el desarrollo de este trabajo, se realizó en primera instancia, un diagnóstico donde se determinó el estado físico-estructural actual del drenaje superficial del barrio. Se realizó un estudio hidrológico para determinar las intensidades máximas teniendo en consideración las curvas IDF, y el caudal que aporta la línea de corriente de agua del cauce.

El caudal considerado para el diseño hidráulico de todos los componentes del sistema de drenaje sostenible, es el resultado de la sumatoria del caudal recibido por la línea de corriente más el caudal propio del área urbana del barrio; del mismo modo, se presentan láminas de planos en los que se detallan las condiciones topográficas de la zona en estudio y los detalles constructivos de las estructuras que componen el sistema de drenaje.

La cuenca es menor a 300ha (110ha), permitiendo así el uso de la fórmula racional adecuada para sólo cuencas pequeñas, el caudal de diseño máximo para 25 años es de $9.01\text{m}^3/\text{s}$ y mediante su ensayo en HEC-RAS para las curvas naturales del terreno resultó en una inundación de la placa de escorrentía de hasta 80cm.

Se diseñó un sistema de filtro-drenaje Francés a magnitud considerable (1.50m \varnothing del tubo) permite evacuar eficientemente el caudal de diseño con una relación de tirante de 0.79; el sistema es responsable de la conducción segura e incontaminada del agua con basura sólida que producirían atascamientos hidráulicos; del método de Leopold se tiene una negatividad ambiental del 0.25 (irrelevante).

ÍNDICE

I.	GENERALIDADES.....	1
1.1.	INTRODUCCIÓN	1
1.2.	ANTECEDENTES	2
1.3.	JUSTIFICACIÓN.....	3
1.4.	OBJETIVOS	4
1.4.1.	General	4
1.4.2.	Específicos.....	4
II.	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	5
2.1.	LOCALIZACIÓN	5
2.1.1.	Macro localización.....	5
2.1.2.	Micro localización.....	6
2.1.3.	Descripción socioeconómica.....	7
2.1.4.	Descripción climática	7
2.1.5.	Descripción geológica	7
2.1.6.	Descripción del relieve	7
III.	MARCO TEÓRICO.....	8
3.1.	ESTUDIO HIDROLÓGICO.....	9
3.1.1.	La unidad de estudio hidrológico	10
3.1.2.	Delimitación de una cuenca hidrográfica	11
3.1.3.	Análisis hipsométrico	14
3.2.	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.....	16
3.2.1.	Levantamientos geodésicos.....	16
3.2.2.	Características topográficas del terreno.....	16
3.3.	CAUDAL DE DISEÑO	17
3.3.1.	El caudal de crecida.....	17
3.3.2.	Estimación de caudal o aforo	17
3.3.3.	El método racional	17
3.3.4.	Tránsito de avenida.....	20
3.4.	SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE.....	21
3.4.1.	Sistema de drenaje francés	21

3.5.	ESTUDIO HIDRÁULICO DE UN CANAL REVESTIDO DE TRAYECTORIA DEFINIDA.....	23
3.5.1.	Avenida máxima de agua.....	23
3.6.	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	25
3.6.1.	Método de Leopold	25
3.7.	PRESUPUESTO.....	28
3.7.1.	Método de precios unitarios	29
IV.	DISEÑO METODOLÓGICO	30
4.1.	REALIZACIÓN DEL ESTUDIO HIDROLÓGICO DE LA CUENCA.....	30
4.1.1.	Determinación de los parámetros morfológicos	30
4.1.2.	Determinación de los parámetros de relieve.....	30
4.2.	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.....	30
4.3.	ESTIMACIÓN DEL CAUDAL MÁXIMO MEDIANTE LA FÓRMULA RACIONAL	31
4.4.	PROPOSICIÓN DE LA OBRA HIDRÁULICA CON ENFOQUE SOSTENIBLE	32
4.4.1.	Simulación hidráulica mediante HEC RAS.....	32
4.4.2.	Propuesta de la sección del cauce de proyecto.....	32
4.5.	ESTUDIO MEDIOAMBIENTAL	33
4.5.1.	Creación de la matriz de Leopold	34
4.6.	ELABORACIÓN DE LOS ALCANCES DE MATERIALES DEL PROYECTO	35
4.6.1.	Estimación del costo material de la obra.....	35
V.	RESULTADO Y ANÁLISIS	36
5.1.	ESTUDIO HIDROLÓGICO.....	36
5.1.1.	Obtención de los datos planimétricos y de relieve	39
5.1.2.	Hipsometría de la cuenca	41
5.1.3.	Diagrama de frecuencias de altitudes.....	42
5.2.	TOPOGRAFÍA DEL TERRENO.....	43
5.3.	CAUDAL DE DISEÑO HIDRÁULICO	46
5.3.1.	Tránsito de Avenida	47
5.3.2.	Ensayo hidráulico mediante HEC-RAS	49
5.4.	DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE	52
5.4.1.	Análisis hidráulico de la sección transversal del canal del sistema.....	52
5.4.2.	Diseño geométrico del desarrollo de la sección transversal	56

5.4.3.	Diseño del sistema drenaje filtro-francés	57
5.5.	EVALUACIÓN AMBIENTAL	58
5.6.	ESTIMACIÓN DEL COSTO DEL PROYECTO	65
5.6.1.	Costos de actividad.....	67
5.6.2.	Asignación de recursos.....	77
CONCLUSIONES		78
RECOMENDACIONES		79
BIBLIOGRAFÍA		80
ANEXOS		I

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 3.1.1. Clase de forma de una cuenca.....	12
Tabla 3.3.1. Parámetros que determinan el coeficiente de escorrentía	19
Tabla 5.1.1. Parámetros morfométricos de la microcuenca	39
Tabla 5.1.2. Parámetros morfométricos de la microcuenca	40
Tabla 5.1.3. Parámetros altimétricos del cauce principal de la cuenca	40
Tabla 5.2.1. Secciones Transversales de corte.....	43
Tabla 5.2.2. Secciones Transversales de corte.....	44
Tabla 5.2.3. Secciones Transversales de corte.....	45
Tabla 5.3.1. Caudales máximos mediante la fórmula racional	46
Tabla 5.3.2. Caudales máximos para el tránsito de avenida.....	47
Tabla 5.3.3. Suma de hidrograma transitado	47
Tabla 5.3.4. Hidrograma triangular sintético.....	48
Tabla 5.4.1. Análisis hidráulico por cada culvert	55
Tabla 5.4.2. Resultados hidráulicos de todo el drenaje.....	55
Tabla 5.4.3. Alineamiento (rumbo)	56
Tabla 5.5.1. Matriz de impacto	58
Tabla 5.5.2. Criterio de valoración para atributos de los elementos impactantes.....	59
Tabla 5.5.3. Atributos de impactos	60
Tabla 5.5.4. Atributos de impactos	61
Tabla 5.5.5. Matriz superpuesta	62
Tabla 5.5.6. Efectos por Etapas del Proyecto	63
Tabla 5.6.1. Duración de las actividades por rendimientos	65
Tabla 5.6.2. Duración de las actividades por rendimientos	66
Tabla 5.6.3. Rótulo	67
Tabla 5.6.4. Trazo y nivelación.....	67
Tabla 5.6.5. Movilización y desmovilización de excavadora.....	68
Tabla 5.6.6. Excavación principal.....	68
Tabla 5.6.7. Botar tierra sobrante.....	69
Tabla 5.6.8. Acarreo de materiales	69
Tabla 5.6.9. Conformación de suelo selecto	70

Tabla 5.6.10. Construcción de gaviones	70
Tabla 5.6.11. Movilización y desmovilización de tubería	71
Tabla 5.6.12. Colocación de alcantarillas	71
Tabla 5.6.13. Cabezales de descarga	72
Tabla 5.6.14. Curvas principales	72
Tabla 5.6.15. Relleno con piedra bolón	73
Tabla 5.6.16. Andenes permeables	73
Tabla 5.6.17. Cerco de concreto de derecho peatonal	74
Tabla 5.6.18. Limpieza final	74
Tabla 5.6.19. Estimación de los alcances ejecutivos	75
Tabla 5.6.20. Costo de actividades de equipos	76
Tabla 5.6.21. Asignación de recurso para el equipo de maquinaria	77

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Salario de ayudantes	II
Anexo 2. Salario de albañiles	II
Anexo 3. Salario de armadores	III
Anexo 4. Salario de carpinteros	III
Anexo 5. Rendimiento de equipos de construcción	III
Anexo 6. Levantamiento topográfico	IV
Anexo 7. Levantamiento topográfico	V
Anexo 8. Levantamiento topográfico	VI
Anexo 9. Levantamiento topográfico	VII
Anexo 10. Intensidades máximas de lluvia, para diferentes duraciones	VIII
Anexo 11. Intensidades máximas de lluvia, para diferentes duraciones	IX
Anexo 12. Rendimientos para la mano de obra nicaragüense (catálogo de rendimientos horarios)	X
Anexo 13. Precio por hora de los equipos para la obra	XI
Anexo 14. Rendimiento del equipo empleado	XI
Anexo 15. Ficha técnica de la tubería PEAD-ADS corrugada	XII

ÍNDICE DE FIGURA

Figura N° 1. Macro localización.....	5
Figura N° 2. Micro localización-barrio Villa Trinidad	6
Figura N° 3 El ciclo hidrológico con un balance de agua promedio global anual en unidades relativas a un valor de 100 para la tasa de precipitación terrestre.....	9
Figura N° 4 La cuenca hidrográfica como un sistema hidrológico.....	10
Figura N° 5 Modelo de Strahler (1952) de curvas hipsométricas del ciclo de erosión de una cuenca.....	15
Figura N° 6. Modelo de elevación digital	36
Figura N° 7. Polígono de delimitación del área de estudios.....	36
Figura N° 8. Predefinición de las tendencias de ríos mayores	37
Figura N° 9. Definición de tendencias de ríos de orden menor	37
Figura N° 10. Generación de sistema hidrográfico de la cuenca	38
Figura N° 11. División de cuenca en subcuencas	38
Figura N° 12. Microcuenca Villa Trinidad (1.11 km ²).....	39
Figura N° 13. Curva hipsométrica de la microcuenca Villa Trinidad.....	41
Figura N° 14. Diagrama del comportamiento altitudinal	42
Figura N° 15. Hidrograma triangular sintético	48
Figura N° 16. Datos del cauce.....	49
Figura N° 17. Asignar las pendientes	49
Figura N° 18. Sección en la estación 0+015; principio de obra	50
Figura N° 19. Sección en la estación 0+350, bifurcación a calle principal	50
Figura N° 20. Sección en la estación 0+750	51
Figura N° 21. Sección en la estación 0+775, final de obra.....	51
Figura N° 22. Sección circular, diámetro: 1.5m, Manning: 0.01	52
Figura N° 23. Sección en la estación 0+015; principio de obra	52
Figura N° 24. Sección de la bifurcación de acceso a la calle principal.....	53
Figura N° 25. Sección en la estación 0+750 m, colegio REACH.....	54
Figura N° 26. Sección final, entrega hidráulica de la obra.....	54
Figura N° 27. Sistema filtro-drenaje francés.....	57
Figura N° 28. Amplitud de las alteraciones medioambientales negativas y positivas	63

Generalidades

1.1. Introducción

El lugar de estudio se encuentra en la salida sur de la ciudad La Trinidad-Estelí, en el barrio Villa Trinidad; la población del barrio sufre pérdidas económicas y afectaciones a la salud por causa de las inundaciones durante el invierno y grandes encharcamientos posteriores y duraderos; existía un cauce natural que lo impedía, pero fue obstruido por varias viviendas mal ubicadas en los últimos años, esto ahora es el problema, y no existe un sistema de drenaje capaz de evacuar las escorrentías máximas de los inviernos actuales.

Se propuso un sistema de drenaje urbano con enfoque sostenible (SDUS) para mitigar aún más las repercusiones ambientales negativas, puesto que las formas de drenaje tradicionales no cubren satisfactoriamente la salubridad de las escorrentías, permitiendo gravemente el arrastre de basuras porque normalmente son abiertos.

Era necesario, entonces, que fuera cerrado; se adoptó para esto, el sistema de drenaje francés, el cual es un sistema de filtro dinámico compuesto, primero por un estrato altamente permeable encima de un resistente canal circular subterráneo de diámetro coherente, que perforado parcialmente permite el ingreso y conducción eficiente del agua de escorrentía.

El sistema no es de ramificación, su trayectoria es ahora paralela a unas calles del barrio, aun así, no fue muy alterada respecto de la anterior tendencia natural del agua, esto hace que obedezca a básicamente los puntos más bajos del terreno haciendo que el filtro sea muy eficiente, obteniendo así la máxima absorción del agua rápidamente. En la corteza de la franja del sistema de conducción lleva un andén permeable estético que permite la circulación cómoda a peatones.

1.2. Antecedentes

El municipio La Trinidad es uno de los más importantes del departamento de Estelí, creciendo de una manera muy acelerada, este crecimiento se ha reflejado en su infraestructura desde el año 2003, dando lugar a la necesidad del nacimiento del nuevo barrio: Villa Trinidad, con una cantidad de 2,100 habitantes; está asentado en los terrenos antes usados para corrales que correspondían a una antigua hacienda ganadera en el año 1962.

Fue instaurado en el año 2005 durante el gobierno del Ing. Enrique Bolaños Geyer (2002-2006), aprobado por el alcalde Luis Jarquín, hubo luego el proyecto de apertura de calles de macadán, y en el año 2007 se le dio mantenimiento por primera vez a la carpeta de rodamiento.

En el año 2010 se realizó el proyecto “Construcción de obras de drenaje menor” en el Barrio Villa Trinidad, la cual contemplaba la construcción de 445 metros de cunetas de concreto, conformando un sistema de cunetas, pero sin inmediato cauce de entrega; los desbordamientos son inevitables.

En septiembre del 2017 se llevó a cabo el proyecto “Reparación de cinco mil metros de calles en Barrio Villa Trinidad” ejecutado por la empresa constructora “SERCON S.A”, sin embargo, a pesar de la reparación, ciertas partes del camino no tienen una pendiente adecuada y en el 92% de las calles no existen obras de drenaje pluvial, esto propicia una mayor frecuencia del mantenimiento de las calles.

Este factor ha causado daños a la economía e infraestructura en el barrio, generando consecuencias negativas que afectan a la población. De igual manera las inundaciones son resultado de la falta de planificación (uso de suelo) en el barrio, pues cada vez que llueve hay gran desborde de agua en el área de estudio generado por un flujo de escorrentía que atraviesa todo el sector de sureste a nor-oeste.

El Barrio actualmente, no cuenta con un sistema de alcantarillado pluvial y el cauce natural fue estropeado, por lo que las aguas de la escorrentía superficial son drenadas por las calzadas, provocando aquí la inundación.

1.3. Justificación

El tramo propuesto es ahora inevitable de inundaciones en invierno, porque se encuentra en la zona de la tendencia natural del flujo de agua y también fue estropeado por viviendas las que sufren serias afectaciones hasta estructurales; hay también en temporada cultivos parcialmente destruidos, situados en las zonas bajas del barrio. En el año 2011 unas 600 personas sufrieron considerables afectaciones económicas por inundaciones.

Las condiciones urbanísticas no han alcanzado los niveles requeridos para enfrentar las fuertes escorrentías de las aguas pluviales durante la época de invierno, así como las aguas servidas de uso doméstico depositadas por la población que generalmente son distribuidas en todas las calles, provocando malos olores por su estancamiento.

Por tanto, el diseño de obras de drenaje urbano eficiente, basado en las lluvias máximas aforadas de la zona y un enfoque de drenaje urbano sostenible, es indispensable para impedir las inundaciones y el transporte de basura que produce atascamientos en los puntos de entrega o contaminaciones significativas en la flora y fauna del barrio Villa Trinidad, el cual aún es boscoso.

Este diseño es muy eficaz y necesario, más responsable y seguro que los convencionales de sólo conducción del agua o canales abiertos.

Para esto se propuso del Sistema de Drenaje Urbano Sostenible (S.D.U.S.) el diseño dren francés, el cual es primero un filtro de recepción previa que a la vez conduce más abajo, por un tubo, toda el agua de hasta la mayor eventualidad que se presente en los próximos 25 años.

1.4. Objetivos

1.4.1. General

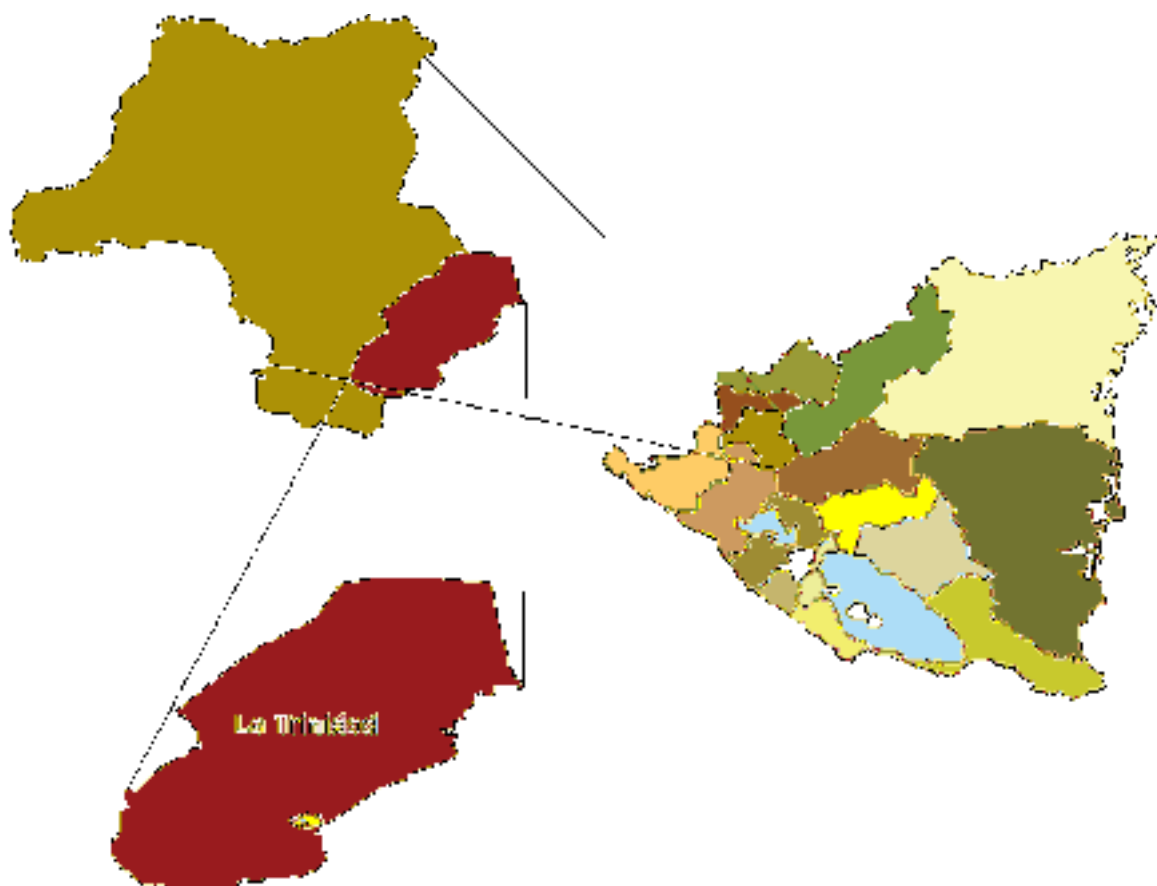
Estudiar el drenaje urbano de la ciudad La Trinidad, para el diseño de 850 metros lineales de drenaje, con enfoque de drenaje sostenible, en el barrio Villa Trinidad, beneficiando a 2,100 habitantes.

1.4.2. Específicos

1. Realizar un estudio hidrológico de la microcuenca hidrográfica Villa Trinidad, que incide en la ciudad La Trinidad.
2. Realizar un levantamiento topográfico de 850 metros lineales del barrio Villa Trinidad.
3. Determinar el caudal de diseño hidráulico con diferentes periodos de retornos para el sistema de drenaje urbano en el barrio Villa Trinidad.
4. Proponer un sistema de drenaje urbano sostenible en el barrio Villa Trinidad.
5. Realizar el estudio de impacto ambiental pertinente al diseño del drenaje del barrio Villa Trinidad.
6. Estimar el costo del proyecto de diseño del drenaje urbano sostenible.

II. Descripción del área de estudio

Figura N° 1. Macro localización



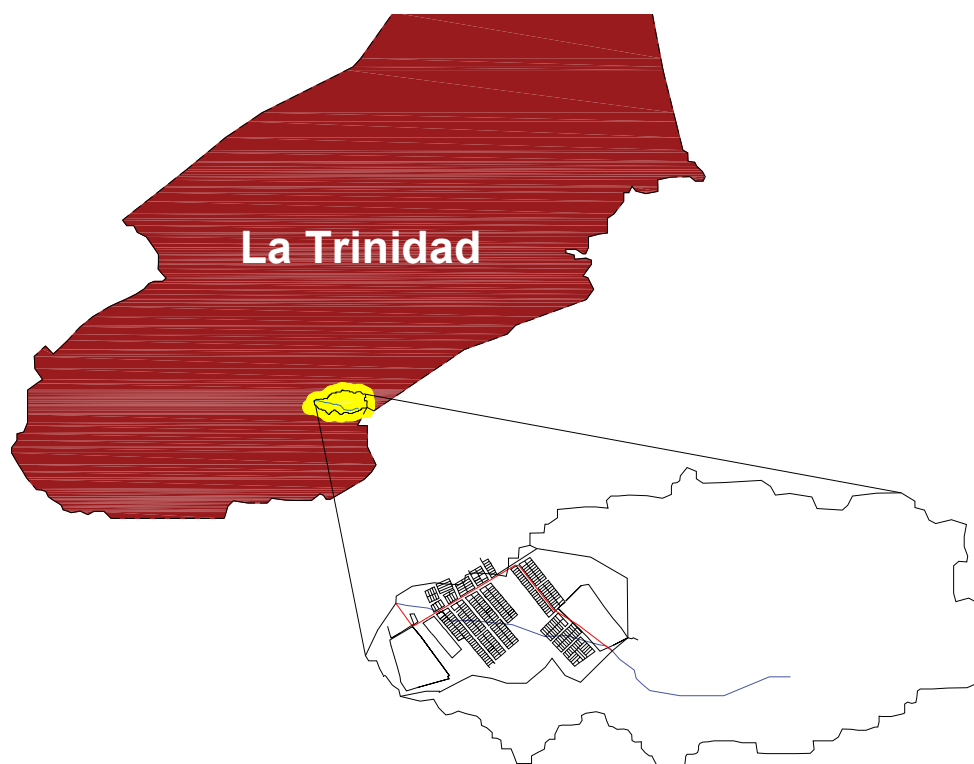
2.1. Localización

Fuente: Propia

2.1.1. Macro localización

La ciudad La Trinidad, está ubicada a 124 km al norte de Managua sobre la carretera panamericana, en las coordenadas 12.58 de latitud norte y 86.14 longitud oeste, limita al norte con Estelí, al sur con San Isidro, al este con Jinotega y al oeste con El Sauce.

Figura N° 2. Micro localización-barrio Villa Trinidad



Fuente: Propia

2.1.2. Micro localización

El Barrio Villa Trinidad se encuentra ubicado en la parte sureste del municipio y colinda al norte con el Barrio El Campón, al sur con la comunidad La Caña, al este con el cerro La montaña y al oeste con el Barrio San José del Guasimal. En esta zona están ubicadas las calles del proyecto, tal como se muestran en la localización, la tendencia natural en azul era la conducción concentrada natural del agua, la obra tomará ahora la trayectoria de la línea roja.

2.1.3. Descripción socioeconómica

Las actividades comerciales más importantes del barrio Villa Trinidad son la producción pan, cultivo de frijol y otros (pacas para ganado tomate y chiltoma) y la ganadería en crianza de ganado vacuno, cerdos, caballos, cabras y mulas, aun aves de corral (gallinas, patos y chumpes)

No se cuenta con una actividad comercial importante, ni empleo fijo, sólo las unidades de salud, ENACAL (Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios), la Alcaldía Municipal, escuelas públicas y privadas; los negocios que existen con mayor frecuencia son, bazares, quintas, y pulperías.

2.1.4. Descripción climática

EL rango de la temperatura está entre los 23° y 27° C hasta los 32° C, presentándose las más elevadas en los meses de febrero a julio y las más bajas de agosto a enero.

Las precipitaciones van desde 800 mm hasta los 1200 mm, un porcentaje de humedad del 77%, y una velocidad del viento de 8 y 9 km/h.

2.1.5. Descripción geológica

Se caracteriza por ser un relieve que representa las primeras etapas del proceso erosivo, efectuado principalmente en las mesetas, lomas y cuevas del municipio La Trinidad.

2.1.6. Descripción del relieve

Es un territorio muy accidentado topográficamente, es ondulado con elevaciones montañosas y mesetas de considerable altura.

El barrio Villa Trinidad se encuentra ubicado en la parte sureste del municipio, entre el cerro la montaña al este, al sur con la loma El Basurero, al oeste con el cerro El Latío, y hacia el norte la planicie de la ciudad.

III. Marco teórico

El ciclo hidrológico

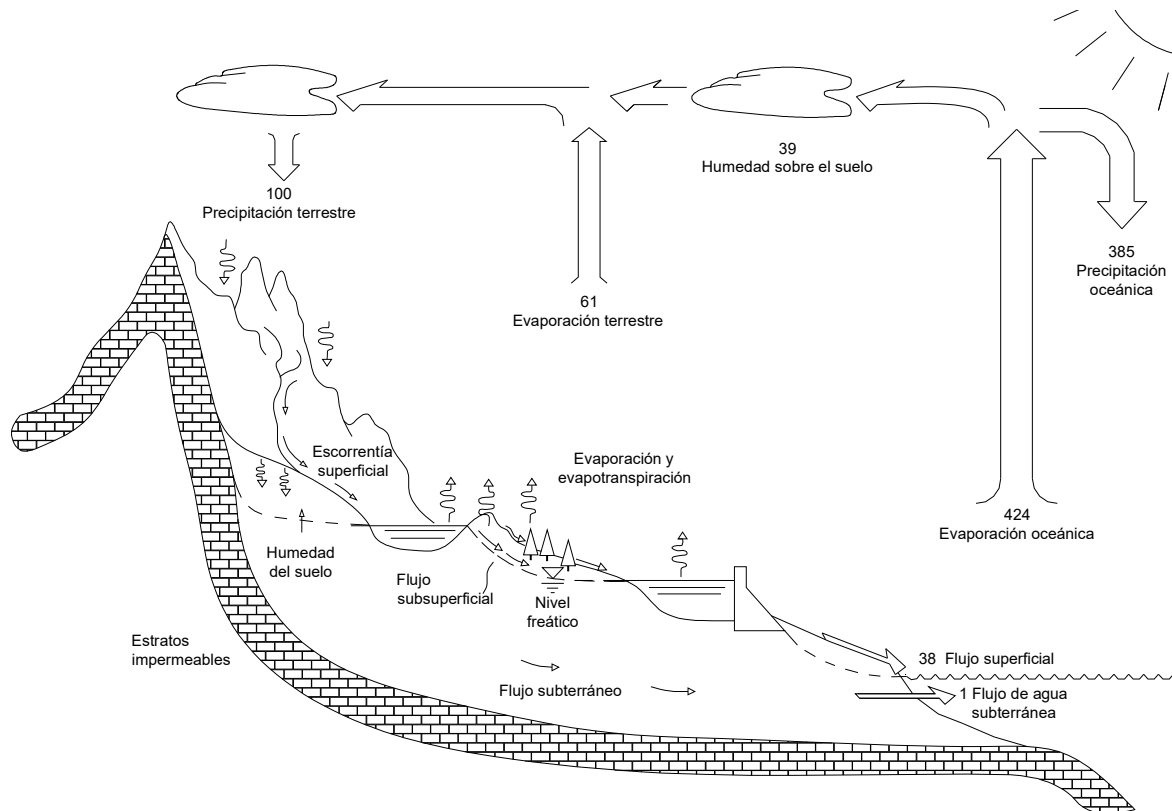
Dentro de un segmento radial de la esfera planetaria, de unos 17 km, que va desde un kilómetro encarnado en la litósfera hasta la altura máxima de la hidrósfera, se encuentra un proceso de movimiento complejamente definido y natural del agua, llamado el ciclo hidrológico, el cual es un sistema dinámico para el agua del planeta, y cíclico, pues se repite con una frecuencia indefinida dentro de un período definido; funciona por la cantidad de calor que el agua absorbe del sol; es fundamental para la vida de todos los ecosistemas del planeta, pues disipa en forma de trabajo mecánico dicha cantidad de calor que proporciona el sol hasta valores adecuados para la vida de aquellos ecosistemas.

La ciencia que se ocupa del estudio de este fenómeno natural planetario es la hidrología, “disciplina que estudia las aguas de la Tierra” (RAE, 2015). Esto el estudio del comportamiento del tránsito del agua en el planeta, desde un tiempo inicial cualquiera (pues estableció que es un ciclo) hasta un tiempo final en el que se repiten todos los acontecimientos del fenómeno.

Permite entender mejor los efectos físicos del ciclo hidrológico, “tanto en los de ocurrencia como acumulación y circulación desde el punto de vista cualitativo y cuantitativo” (Díaz W. C., 2006).

El ciclo hidrológico se representa mediante la trayectoria esquemática del ciclo del agua. En la figura N°III.1 se muestra representativamente cómo el agua trasciende a los océanos y la superficie terrestre en forma de vapor para volverse parte de la atmósfera hasta esa altura que es el límite de la hidrósfera, donde otra vez se condensa el agua y precipita sobre la superficie de la tierra.

Figura N° 3 El ciclo hidrológico con un balance de agua promedio global anual en unidades relativas a un valor de 100 para la tasa de precipitación terrestre



“El análisis del flujo y almacenamiento de agua en el balance global de agua da una visión de la dinámica del ciclo hidrológico.” (Chow, 1994, pág. 2)

En realidad, el agua sufre movimientos ascendentes o descendientes en función de la temperatura (o bien estado) que posea.

3.1. Estudio hidrológico

El estudio hidrológico es un documento en el cual se recolecta información sobre las repercusiones hidráulicas que una obra puede llegar a tener sobre una cuenca hidrográfica (Ambientales, 2018).

Rojo (2010) propone:

En el estudio hidrológico debe tenerse muy presente las limitaciones y condiciones de desarrollo de las metodologías que se utiliza. Este es un aspecto de gran importancia, ya que en nuestro medio es común la utilización de

formulaciones desarrolladas en otros países con condiciones hidrológicas y topográficas diferentes al nuestro; sin embargo, son las herramientas disponibles ya que no existe la instrumentación adecuada para obtener datos confiables de la relación lluvia-escorrentía en la cuenca de estudio.

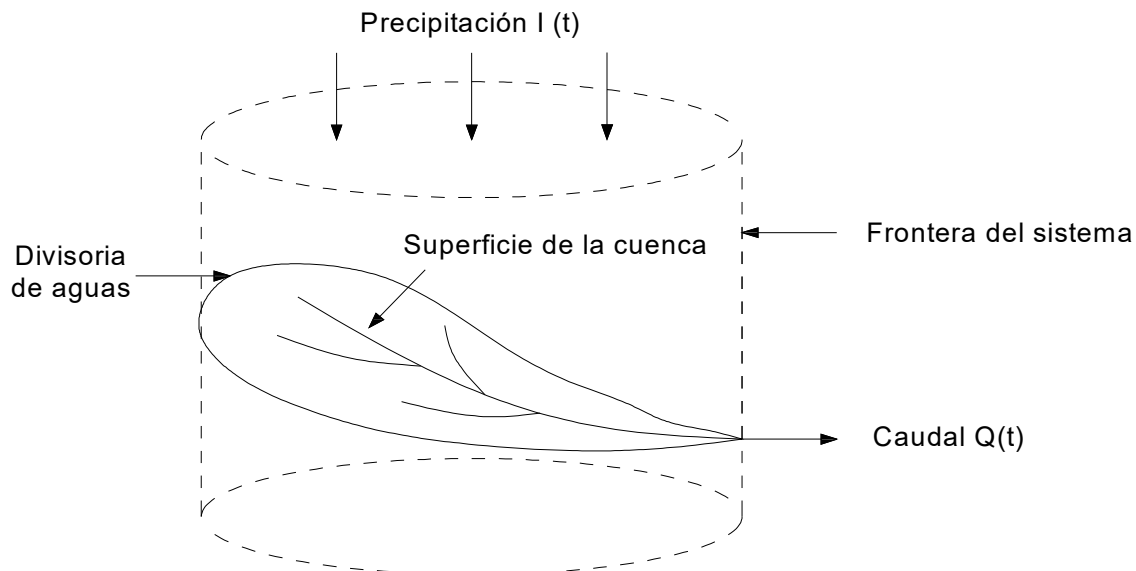
El estudio hidrológico contempla el cálculo de parámetros morfométricos, tiempos de concentración, duración e intensidad de la lluvia y cálculo de caudales a partir de diferentes metodologías.

3.1.1. La unidad de estudio hidrológico

Chow (1994) orienta que es un sistema hidrológico, que se define como una estructura o volumen en el espacio, rodeada por una frontera, que acepta agua y otras entradas, opera en ellas internamente y las produce como salidas. Véase la figura N°III.2. La estructura (para flujos superficiales o sub-superficiales) o volumen en el espacio (para el flujo de humedad atmosférica).

Y anexa que es la totalidad de los caminos del flujo a través de los cuales el agua puede pasar como materia prima desde el punto en que entra al sistema hasta el punto en que lo abandona. La frontera es una superficie continua, definida en tres dimensiones, que encierra el volumen o estructura.

Figura N° 4 La cuenca hidrográfica como un sistema hidrológico



3.1.2. Delimitación de una cuenca hidrográfica

Para un punto de control obligado, todo egreso de agua que por ahí pase debe provenir desde dentro de la estructura de albergue del volumen de agua cuyo límite será la frontera que hace que no salga por ningún otro lugar más que por aquel punto obligado.

Se delimita la cuenca estableciendo como punto de control o de cierre el que corresponde al sitio de interés de acuerdo con el propósito del estudio, por ejemplo, la ubicación del puente o la alcantarilla viene a ser el punto de cierre. Se localiza en un mapa geodésico el cual deberá estar en escala adecuada que permita interpretar con claridad la información, de preferencia en 1:10,000 a 1:50,000; o bien con los avanzados softwares que interpretan el terreno en un modelo de elevación digital, estos proporcionan una mayor precisión de los datos hidrofísicos de una cuenca.

Para el caso de los mapas geodésicos, se analiza mediante fotointerpretación, donde la frontera de una cuenca será aquella que siga un patrón convexo de las curvas de nivel hasta formar un polígono el cual es la línea divisoria de aguas.

Parámetros de forma de una cuenca hidrográfica

Son las descripciones planimétricas de la forma del polígono representativo, estudiados porque condicionan el comportamiento de respuesta hidráulica de toda cuenca.

Tipifican a la misma en cuanto a características interesantes que se consultan en ingeniería para cualquier obra hidráulica; de los considerados, destacan por la importancia en la que repercute su nombramiento y significación, avalan la correspondencia con los valores de los datos de aportación por esorrentía, condicionan completamente el tiempo de concentración, y son función de la respuesta al estímulo de lluvia.

Las unidades aquí usadas para las diferentes magnitudes en las que se manifiesta la naturaleza del parámetro son de congruencia con el sistema métrico, del cual hace uso un amplio grupo de métodos.

Área (A)

Es la medida superficial plana, a escala, del polígono representativo de la cuenca.

Perímetro (P)

Es la medida de la línea que delimita la forma del polígono.

Longitud (L)

Es la medida de la distancia más corta entre el punto de interés de una cuenca y el punto donde comienza el cauce principal.

Ancho (B)

Es la relación que existe entre el área obtenida de la cuenca y su longitud.

$$B = \frac{A}{L}$$

A: Área de la cuenca

L: Longitud de la cuenca

Coefficiente de compacidad (kc)

Compara la longitud del perímetro de una cuenca con la medida de la circunferencia de un círculo con igual área que la cuenca

$$K_c = \frac{P}{2\pi R}$$

A: Área de la cuenca

P: Perímetro de la cuenca

R: Radio de un círculo cuya área es igual a la de la cuenca

Tabla 3.1.1. Clase de forma de una cuenca

Clase de forma	Coefficiente de compacidad	Forma de la cuenca
Clase I	1.0 a 0.25	Casi redonda a oval-redonda
Clase II	1.26 a 1.50	Oval-Redonda a oval oblonga
Clase III	1.51 o más de 2	Oval – Oblonga a rectangular - oblonga

A medida que el coeficiente se acerque a la unidad (siempre será mayor que 1) la cuenca será más compacta.

La forma de la cuenca definitivamente oferta las características de la descarga de la corriente, principalmente en las cuencas de flujo máximo. En general los escurrimientos de una cuenca de forma casi circular (compacta) serán ralentizados respecto de los de otra estrecha y alargada de la misma área.

Razón de elongación (Re)

La razón de elongación es la relación entre el diámetro de un círculo con igual área que la de la cuenca y la longitud máxima de la misma. La fórmula propuesta por (Schumm, 1956) es la siguiente:

$$R_e = \frac{1.129A^{0.5}}{L}$$

A: Área de la cuenca

L: Longitud de la cuenca

Valores de Re inferiores a 1 significan formas alargadas para una cuenca, cuanto menor sea Re más alargada será la forma de la cuenca.

Parámetros de relieve de una cuenca

Son los determinantes de lo accidentado del terreno y velocidad de respuesta hidrológica de una cuenca; son función del tiempo de concentración; los terrenos muy accidentados corresponden a tiempos de concentración muy cortos.

Altura máxima del cauce

Es el punto de nivel más alto del extremo anterior del cauce

Altura mínima del cauce

Es el punto de nivel más alto del extremo anterior del cauce principal

Longitud de cauce

Distancia equivalente que recorre el río desde el punto de cierre aguas abajo hasta la mayor distancia topográfica aguas arriba.

Pendiente media del cauce

Es la relación que existe entre el desnivel altitudinal del cauce y su longitud.

$$S_c = \frac{(h_{\text{máx}} - h_{\text{mín}})}{L}$$

$h_{\text{máx}}$: Altura máxima del cauce, nacimiento del cauce (msnm)

$h_{\text{mín}}$: Altura mínima del cauce, punto de cierre (msnm)

L: Longitud del cauce (m)

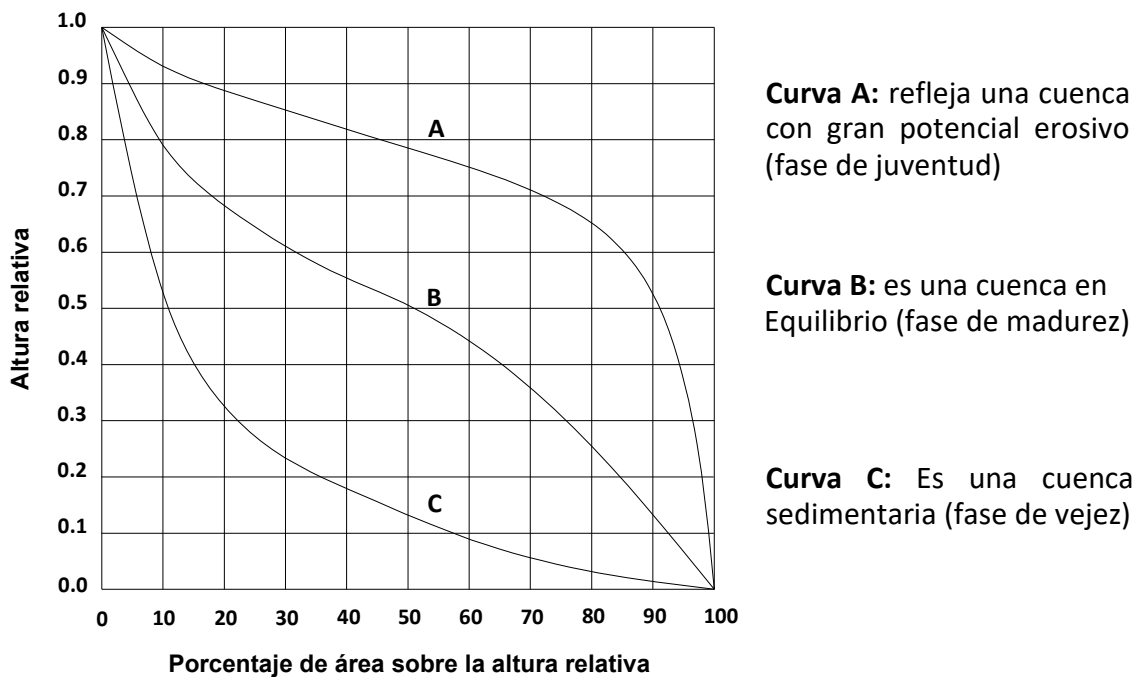
3.1.3. Análisis hipsométrico

La curva hipsométrica (Strahler, 1952) permite conocer la distribución de masa en la cuenca desde arriba hacia abajo. Se obtiene colocando en las ordenadas los valores correspondientes a las diferentes alturas de la cuenca referidos a la máxima de la misma y, en las abscisas, los valores de área que se encuentran por encima de las alturas correspondientes, referidas al área total de la cuenca. De esta forma se utilizan valores relativos (porcentuales), lo que hace posible comparar curvas de diferentes cuencas, prescindiendo de las dimensiones absolutas.

Normalmente su forma es sigmoidea, cóncava hacia arriba en la parte superior y convexa en la parte baja; el grado de sinuosidad es muy variable, lo mismo que la pendiente en el punto de inflexión.

Cuando las curvas hipsométricas presentan variaciones, ya sea por apartarse de las teóricas o por presentar más de un punto de inflexión, ello puede relacionarse con controles tectónicos o litológicos. El valor del área relativa que yace bajo la curva (integral hipsométrica) es indicativo del estado de desarrollo de la cuenca; valores superiores al 60 % indican desequilibrio manifiesto en el funcionamiento de la cuenca (juventud en el sentido davidiano), valores rondando el 47 % representan equilibrio (madurez), e inferiores a 30% implican fase de “monadnock” (senectud).

Figura N° 5 Modelo de Strahler (1952) de curvas hipsométricas del ciclo de erosión de una cuenca



La técnica tradicional para la construcción de la curva hipsométrica involucra la mayoría de las veces, medir las áreas comprendidas entre isohipsas adyacentes que difieren en una equidistancia, con planímetro compensador. Lo ideal sería, si las dimensiones del área total considerada lo permiten, realizar las mediciones por áreas progresivas, siempre desde el punto más alto, hasta las sucesivas curvas de nivel de cota decreciente, para disminuir el efecto de la acumulación de errores de medición de áreas parciales. Luego, por cálculo manual, se obtienen las ordenadas y abscisas de los puntos de pasaje de la curva y la integral hipsométrica.

Histograma de frecuencias altimétricas

Racca indica que:

El análisis de frecuencia altimétrica se utiliza para describir, en altitudes sucesivas, las frecuencias de ciertos niveles, como ser altitud de sitios, puntos más altos en mallas cuadradas de muestreo, altitudes de cumbres o la de áreas de llanos o depresiones tales como hombreras, bancos y collados

El procedimiento tradicional de base para hallar la frecuencia altimétrica es el mismo que para la obtención de los datos que permiten construir la curva hipsométrica: el planimétrico sobre cartas topográficas de las áreas existentes entre curvas de nivel de cotas sucesivas. Estas áreas constituyen las frecuencias altitudinales, expresadas en valores absolutos o relativos, correspondientes a cada intervalo de elevación. Asimismo, los datos para la realización de este análisis se obtienen del modelo digital de elevaciones de manera similar que para el análisis hipsométrico.

3.2. Levantamiento topográfico

Un levantamiento topográfico consiste en describir un terreno a través de la utilización de instrumentos especializados, el topógrafo realiza un escrutinio de la superficie del terreno y procede a la toma de datos, generalmente con un teodolito o estación total.

De acuerdo con (Termiser 2017):

Un levantamiento topográfico, es el proceso científico de medición de las dimensiones de un área particular de la superficie de la tierra, incluyendo sus distancias horizontales, direcciones, ángulos y elevaciones. Las estructuras artificiales, como una carretera o un edificio, también pueden ser objeto de un levantamiento topográfico.

3.2.1. Levantamientos geodésicos

Los estudios geodésicos se utilizan como referencias importantes que otros topógrafos van a utilizar durante el levantamiento de áreas más pequeñas como una granja o una parcela de la ciudad.

Planimétricos: Son los que representan a escala el terreno sobre un plano analítico, se prescinde de elementos como la altura y el relieve del terreno.

Altimétricos: Aquí se realizan las mediciones oportunas para poder realizar la comparación de la altura del terreno con el plano horizontal de partida; se puede crear ya un modelo de elevación digital con la nube de puntos generada.

3.2.2. Características topográficas del terreno

Las principales características físicas del terreno son los ríos, lagos, reservorios, caminos, bosques o formaciones rocosas; o también los diferentes elementos que

componen las fincas, estanques, represas, diques, fosas de drenaje o canales de alimentación de agua; las diferencias de altura de los distintos relieves, tales como valles, llanuras, colinas o pendientes; o la diferencia de altura entre los elementos de las fincas.

(México 2010) indica que la caracterización física de los suelos tiene como objetivo principal establecer la respuesta del suelo a las prácticas asociadas en los diferentes sistemas de producción, así como evaluar la susceptibilidad de los suelos a sufrir algún proceso de degradación.

3.3. Caudal de diseño

El caudal es el parámetro más importante para determinar las posibilidades de aprovechamiento de un río o arroyo, se define como la cantidad de fluido que pasa en una unidad de tiempo, los metros cúbicos por segundo por kilómetro cuadrado, son unidades convenientes para comparar casos de flujos en ríos con áreas tributarias diferentes (Mijares, 1989).

3.3.1. El caudal de crecida

Corresponde al caudal máximo registrado (o esperado) en un aprovechamiento; este valor es de especial interés para el diseño de las obras civiles (azud, canal de conducción, vertederos, etc.) pues éstas deben estar en capacidad estructural de soportar estos caudales de crecida. La característica estacional de las afluencias permite determinar un periodo de retorno asociado, con el conocimiento de un caudal futuro se diseñan las obras de desvío y captación.

3.3.2. Estimación de caudal o aforo

Los caudales de aguas de lluvias dependen de la intensidad de las lluvias, del coeficiente de escorrentía medio y de la superficie total del cauce, por lo tanto, realizar un aforo a una corriente, significa determinar a través de mediciones el gasto que pasa por una sección dada.

3.3.3. El método racional

Este método fue presentado por Emil Kuichling en 1889 y mejorado posteriormente por otros; debido a su sencillez, es uno de los más utilizados, éste se basa en

considerar que sobre el área estudiada se tiene una lluvia uniforme durante determinado tiempo, de manera que el escurrimiento en la cuenca se establezca y se tenga un gasto constante en la descarga. Este método permite determinar el gasto máximo provocado por una tormenta, suponiendo que esto se alcanza cuando la intensidad de lluvia es aproximadamente constante durante una cierta duración, que se considera es igual al tiempo de concentración de la cuenca. De acuerdo con (Mejía, 2006).

Tiempo de concentración (T_c)

Se denomina así, al tiempo de viaje de una partícula de agua desde el punto más remoto a la salida de la cuenca. Se determina en función de la longitud del cauce y de la pendiente de la cuenca.

$$T_c = 0.0041 \left[\frac{3.28L}{\sqrt{S_c}} \right]^{0.77}$$

L: Longitud del cauce principal

S_c: Pendiente media de la cuenca

Intensidad de lluvia (I)

La intensidad se expresa como el promedio de la lluvia en mm/hora para un periodo de retorno determinado y una duración igual al del tiempo de concentración (T_c) de la cuenca.

El ajuste de los datos es por medio de los mínimos cuadrados resulta en una ecuación en la cual se entra con la duración en minutos y se obtiene la intensidad (Aponte, 2005):

$$I = \frac{A}{(T + d)^b}$$

I: intensidad en mm/hora.

A, d y b: coeficientes determinados

T: duración de la lluvia en minutos

Los valores de intensidades se pueden obtener a partir por interpolación de las tablas para curvas de intensidad, duración y frecuencia (IDF) que elabora INETER para cada zona estacionaria establecida del país. (Ver Anexo, pág. IX)

Coeficiente de escorrentía (C)

Es la relación entre el volumen de agua que se escurre (no se filtra) sobre una cuenca contra el volumen total proveído por la intensidad máxima registrada en un período de retorno estudiado para la cuenca (Bervis, 2004).

Debe estimarse un coeficiente razonable para representar los efectos integrados de todos estos factores

El valor de C es difícil de precisar, no se puede estimar cuál es el exacto de una cuenca porque depende de muchas variables como: Su topografía, cantidad de vegetación, capacidad de filtración y rugosidades diferenciales del suelo.

Tabla 3.3.1. Parámetros que determinan el coeficiente de escorrentía

Parámetro	Valor
Uso de Suelo	Us
Vegetación densa, bosques, cafetal con sombras	0.04
Malezas, arbustos, solar baldío, cultivos perennes	0.06
sin vegetación o con cultivos anuales	0.10
zonas suburbanas (viviendas, negocios)	0.20
Casco urbano y zonas industriales	0.30-0.50
Tipo de Suelo	Ts
Permeable (terreno arenoso, ceniza volcánica)	1.00
Semipermeable (terreno arcilloso - arenoso)	1.25
impermeable (terreno arcilloso, limo, marga)	1.50
Pendiente del Terreno (%)	Pt
0.0-3.0	1.00
3.1-5.0	1.50
5.1-10.0	2.00
10.1-20.0	2.50
20.1 y más	3.00

Fuente: Tomado de la tabla 3 de (Aponte, 2005)

Caudal máximo de la cuenca

Es el caudal máximo para un punto dado, se alcanza cuando todas las partes del área de la cuenca están contribuyendo con su escorrentía superficial durante un periodo de precipitación máxima (Bervis, 2004).

La fórmula racional se plantea como:

$$Q_{\text{máx}} = \frac{5}{18} \cdot C \cdot I \cdot A$$

En donde:

Q: Caudal superficial (m³/s)

C: Coeficiente de escorrentía (adimensional)

I: Intensidad promedio de la lluvia (mm/h)

A: Área de la cuenca en km²

$\frac{5}{18}$: Factor de conversión de unidades

3.3.4. Tránsito de avenida

Las ondas de avenidas se forman por aumento no uniforme del caudal del río por efecto de una tormenta importante.

Para su estudio hay disponibles dos métodos: los hidráulicos y los hidrológicos. Ambos intentan describir los cambios que en el tiempo experimenta la onda de avenida. El análisis del paso de estas ondas de avenida constituye materia de estudio del "tránsito de avenidas", necesario para el conocimiento del nivel del agua o tirante hidráulico, el caudal, y la carga de sedimentos.

Un hidrograma de crecida refleja en realidad el movimiento de una onda al pasar por una estación. Es necesario tener presente que conforme la onda se mueve hacia aguas abajo su forma cambia. Estos cambios en la onda se deben a la adición de agua de los tributarios y a que las velocidades en los diversos puntos a lo largo de la onda no son las mismas.

Fórmula de relación hipsométrica:

$$R_h = \frac{S_s}{S_i}$$

Rh: Relación hipsométrica

Ss: Área por encima de curva hipsométrica

Si: Área por debajo de la curva hipsométrica

3.4. Sistemas urbanos de drenaje sostenible

Con la adopción de los sistemas urbanos de drenaje sostenible, se busca la introducción de una nueva conceptualización de la forma como tradicionalmente se hace el manejo de la escorrentía pluvial. PERALES (2008) y (Luis Angel Sañudo Fontanera, 2005) enuncia que:

El continuo y rápido crecimiento de nuestras ciudades, que conlleva una progresiva impermeabilización del suelo, está alterando gravemente el ciclo hidrológico natural del agua. Cada vez se necesitan colectores más grandes, más largos, y una necesidad de depurar un agua de lluvia que en su origen era limpia. La necesidad de afrontar la gestión de las aguas pluviales desde una perspectiva diferente a la convencional, que combine aspectos hidrológicos, medioambientales y sociales, está llevando a un aumento progresivo a nivel mundial del uso de Sistemas de Drenaje Urbanos Sostenible (SDUS), también conocidos como BMP's (Best Management Practices).

3.4.1. Sistema de drenaje francés

Promocionan la intención de suelos filtrables en las ciudades, aún franjas verdes por encima de toda su prolongación, empáticos puesto que funcionan mediante filtración (Horacio, 2017).

Es un sistema de tubería subterránea semi perforada con material filtrante sobre de ésta, utilizado normalmente en suelos saturados que permite la absorción y drenado del agua, con la capacidad de drenar aún el agua de escorrentía de lluvias sin un sistema de canales de aporte lateral interconectados.

Los elementos principales son:

La tubería de drenaje: Circular pues esta geometría resiste la compresión, y es muy eficiente para drenar, y de PVC preferiblemente, el coeficiente de Manning es bajo, esto facilita la rapidez de drenado y la perforación es sencilla.

Geotela: Impide el desmoronamiento de los paredones de la excavación, permitiendo el aislamiento del sistema de filtro con el terreno natural

Sistema de filtro: Es de piedra triturada de diámetros menores al de canto rodado, siendo este más eficiente y estético, pero es considerablemente más costoso.

Se sitúa donde iría la tendencia natural del agua, basado en el principio de escurrimiento de cuencas, ahí se hará la excavación de la magnitud que requiera el caudal de diseño luego de un estudio hidrológico de la cuenca. Aunque no se utiliza este sistema para magnitudes tan grandes como para drenar varios metros cúbicos por segundo.

Para estas magnitudes, en este país, es usual usar el sistema de alcantarillado de concreto convencional, con un sistema de cunetas que entregan en las esquinas de las cuadras, en unos tragantes conectados a la cañería principal. O cauces abiertos, que tienen la mayor capacidad hidráulica posible para una sección fija.

Sin embargo, el sistema de drenaje francés puede llevarse a magnitudes considerables, con gran capacidad hidráulica mediante filtración.

Para estas magnitudes, se utiliza en el lecho filtrante, material pétreo de sobre tamaño que permita una filtración instantánea, y una tubería que aún perforada posea alta resistencia a la compresión y no rígida, tal es la tubería PEAD (fabricado en Latinoamérica), de diámetros de hasta 1.5m, es un polímero de alta resistencia a la compresión, no amorfo, perforarle con métodos convencionales y es ligero.

Para lo demás, como lo es la fijación de la tubería.

3.5. Estudio hidráulico de un canal revestido de trayectoria definida

3.5.1. Avenida máxima de agua

Es la mayor intensidad de lluvia esperada en los siguientes 25 años, que propicia el conocimiento del caudal máximo de diseño; éste es el valor necesario para el diseño hidráulico de la estructura de drenaje a emplear.

La fórmula general para determinar la capacidad de caudal de canales abiertos (sujetos a presión sólo atmosférica) permite relacionar la velocidad que llevará el caudal de estudio en dependencia de la sección elegida

$$Q = V \cdot A$$

Q: Caudal máximo para diseño de la obra hidráulica

V: Velocidad con la que viaja el volumen de agua a través de la sección transversal de la obra hidráulica.

A: Es el área de la sección transversal del canal de la obra hidráulica

La velocidad del agua y la sección del canal son directamente proporcionales al valor del caudal.

Un caudal de varios metros cúbicos por segundo genera velocidades considerables de también varios metros por segundo; sin embargo, una sección amplia atenúa la velocidad.

Ahora, una sección definida, junto con el caudal conocido generan una velocidad fija de diseño, que se vuelve muy determinante en el confort y diseño geométrico de la estructura hidráulica.

Elementos de análisis para la hidráulica de un canal

1. Pendiente: Estas determinan si el movimiento del agua será acelerado o constante, por supuesto, dependen de la topografía del terreno de la obra.

Para lugares ligeramente accidentados, es natural que no se pueda atenuar tanto una pendiente, porque las excavaciones no pueden profundizarse demasiado y alterar el perfil de un río, por lo cual se trabaja con el valor mínimo posible.

Existen otras razones de limitación de pendiente, una pendiente muy plana, puede conseguirse, pero ralentiza mucho la velocidad del agua, haciendo que se deba recurrir a secciones transversales muy grandes.

Es natural que se tenga franjas limitadas de terreno en una zona urbana, por lo cual la sección de una obra hidráulica está limitada a dimensiones apenas aceptables, debiendo evacuar todo el caudal que se le demande, esto es posible sólo con velocidades altas (entre 3 y 8 m/s).

2. Trayectoria: Aún velocidades altas tienen cabida en el diseño si se le procura una direccionalidad no demasiado sinuosa a la conducción agua.

Se cuida del diseño de un canal que idealmente sea recto, pero dado la naturaleza de su ubicación urbana debe regirse por la ruta de las calles, esto conlleva a cambios de dirección de hasta 90°, es muy importante que se diseñen curvas con radios grandes que no generen un cambio direccional muy repentino del agua.

Cuanto menor sea un radio de curvatura mayor será el impacto de agua sobre el cambio repentino de dirección, esto genera desgaste pronto en la estructura que forma la curvatura.

3. Rugosidad: La fricción que genera la superficie de un ducto es despreciable o significativa en dependencia de lo brusca que sea toda la pared, la forma del canal influye en el comportamiento hidráulico del agua.

Un canal muy rugoso genera turbulencias, esto provoca gran vigor en el agua y socava la estructura, desintegra abrazaderas, puede fracturar tuberías y provocar desastres.

Una rugosidad muy leve, esto es, coeficientes de Manning menores a 0.01, genera una conducción lineal del agua; estos comportamientos tan deseados sólo se consiguen con materiales sintéticos, como “los polímeros de alta resistencia a la abrasión son lo más liso que existe, la fricción del agua en ellos es de carácter despreciable, posibilitan mucho un encausamiento seguro del agua” (Segura, 2016).

Software HEC RAS para el cálculo de las variables de diseño de canales

H canales: La sencillez con la que este programa arroja los datos, hace que sea innecesario demostrar un complejo análisis hidráulico-matemático para conseguir las relaciones numéricas de los parámetros para el diseño de una obra hidráulica.

Exime la necesidad de compilar toda la teoría hidráulica de diseño pues él en sí mismo es la programación de la hidráulica de canales

Este programa permite conocer la velocidad máxima del caudal máximo para una sección definida de un canal cuando se le conoce, la pendiente y rugosidad.

Arroja otros resultados aparte de la velocidad de diseño, esta suele ser la más importante de las propiedades hidráulicas, el tirante y el área hidráulicos son otros de los elementos hidráulicos de diseño que genera.

HEC-RAS: Este programa hace el análisis hidráulico de un canal, se utiliza para representar el perfil de un canal, las secciones, la trayectoria y esquematiza toda una obra, los resultados que se obtengan del diseño son condensados en una tabla.

3.6. Estudio de impacto ambiental

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es un instrumento de gestión medioambiental de tipo preventivo y directo. Es un procedimiento jurídico - administrativo para identificar, prevenir e interpretar los impactos ambientales que produciría un proyecto en el medio ambiente en caso de ser ejecutado, todo ello con el fin de que la administración competente pueda aceptarlo, modificarlo o rechazarlo.

El estudio de impacto ambiental pretende, como principio, establecer un equilibrio entre el desarrollo de la actividad humana y el medio ambiente. De acuerdo con (González 2008) existen dos tipos de métodos para la evaluación de impactos ambientales que son: métodos directos e indirectos.

3.6.1. Método de Leopold

Fue desarrollado en 1971 por el Dr. Luna Leopold. Corresponde a un método de evaluación de impactos, sin embargo, es un método indirecto porque lo que realmente se califica son las interacciones entre el proyecto y el ambiente, sin darle ningún nombre al impacto que se presenta en esa interacción.

Se conforma de los siguientes elementos:

Matriz de impacto: Contiene todas las acciones que se contemplan en la ejecución de la obra que se estudia.

Matriz de valoración de impacto: Aquí se determina una asignación numérico-cuantitativa para cada una de uno de los atributos de las acciones impactantes sobre los factores del medio:

Naturaleza: Si el impacto genera perjuicios o beneficios al medioambiente, se le denominará negativo (-1) o positivo (+1) respectivamente.

Extensión: Mide la cantidad posible hasta la que puede extenderse la repercusión de una acción

Se valora de la siguiente manera:

Persistencia: Es el tiempo que tarda en desvanecerse la alteración al ambiente que causa una acción negativa o positiva.

Sinergia: Se refiere a la repercusión positiva o negativa que le infiere una acción sobre cualquiera de los factores del medio

Efecto: Si las acciones impactantes hacen efecto claramente visible al medio ambiente se las denomina como de efecto directo sobre el medio, pero si las repercusiones de una acción negativa o positiva son inherentes se la considera de efecto indirecto.

Recuperabilidad: Mide la posibilidad de recuperar (total o parcialmente) las condiciones de calidad ambiental iniciales luego de ejecutada una acción impactante

Magnitud / Intensidad: Representa la incidencia de la acción causal sobre el factor impactado en el área en la que se produce el efecto.

Para ponderar la magnitud, se considera:

Momento: Se refiere al tiempo transcurrido entre la acción y la aparición del impacto.

Reversibilidad: Este atributo está referido a la posibilidad de recuperación del componente del medio o factor afectado por una determinada acción. Se considera únicamente aquella recuperación realizada en forma natural después de que la acción

ha finalizado. Cuando un efecto es reversible, después de transcurrido el tiempo de permanencia, el factor retornará a la condición inicial.

Acumulación: Se refiere al efecto acumulativo sobre el medio ambiente que una acción impactante genera cuando es reiterarle en el tiempo de ejecución de la obra.

Periodicidad: Este atributo hace referencia al ritmo de aparición de una acción impactante

Importancia: Según (Vicente, 1993), cuantifican la importancia del impacto, la significación numérica entre cero y 100, donde 100 sería un proyecto que destruiría completamente un ecosistema y cero sería un proyecto que no repercutiría en ninguna alteración al medio ambiente virgen.

El resultado numérico se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$I = \pm (3 \text{ Importancia} + 2 \text{ Extensión} + \text{Momento} + \text{Persistencia} + \text{Reversibilidad} + \text{Sinergismo} + \text{Acumulación} + \text{Efecto} + \text{Periodicidad} + \text{Recuperabilidad})$$

Normalmente los valores de Importancia del Impacto varían entre 13 y 100. Se los clasifica como:

Irrelevantes (o compatibles): Cuando presentan valores menores a 25.

Moderados: Cuando presentan valores entre 25 y 50.

Severos: Cuando presentan valores entre 50 y 75.

Críticos: Cuando su valor es mayor de 75.

Matriz superpuesta

Mide el valor de la alteración de todas y cada una de las acciones positivas y negativas, contra el valor máximo de alteración de estas mismas para obtener el porcentaje de alteración relativo del proyecto respecto del 100%, donde el 100% sería una matriz de acciones impactantes con valores de importancia de 100 cada una, ya sea negativa o positiva, esto implicaría que las acciones positivas producirían un beneficio positivo absoluto sobre el ambiente y las acciones negativas producirían a su vez daños absolutos sobre el ambiente.

Tabla de balance de las acciones impactantes

Esta ordena en una sola columna, primero las acciones impactantes negativas y luego las positivas, estos valores irán en las abscisas, y en otra columna los respectivos valores de alteración de estas acciones para así generar el gráfico de balance de todas las acciones que ilustra el resultado más impactante, si los negativos o los positivos.

3.7. Presupuesto

Un presupuesto es el cálculo y negociación anticipada de los ingresos y gastos de una actividad económica, sea personal, familiar, empresarial o pública. Debe contener los egresos e ingresos correspondientes a un período, por lo general anual. También un plan de acción dirigido a cumplir un objetivo previsto, expresado en términos financieros, que debe cumplirse en determinado tiempo y en ciertas condiciones.

(Díaz 2009) expresa que “lo primero a hacer, es determinar los costos directos e indirectos de todo el proyecto, teniendo en cuenta que los gastos de costos directos incluyen mano de obra, materiales y equipo. Los costos indirectos son los gastos que incurren servicios administrativos”.

La suma de estos costos dará como resultado la creación del presupuesto del proyecto. Un costo estimado, lo cual es el proceso para aproximar los costos que el proyecto tendrá para usar los recursos del proyecto.

Las estimaciones del presupuesto son obtenidas de las personas responsables de manejar las tareas del trabajo. Proveen la experiencia requerida para hacer el estimado ya que tienen responsabilidad durante la ejecución real de las actividades.

Es de carácter obligatorio la consideración de los costos económicos de las medidas exhaustivas de mitigación directa e indirecta de los impactos ambientales, negativos y positivos, que corresponden a la ejecución de las actividades del proyecto, los cuales, de no considerarse, conllevan de todas formas, en cargos económicos significativos por omisión del estudio de un impacto ambiental, aprobado y exigido según la ley vigente N°217.

3.7.1. Método de precios unitarios

En este método se determina la cantidad de materiales que se emplea en una obra, las horas de trabajo y todos los otros componentes utilizados en el proceso de construcción.

Permite el control y planeación del trabajo, útil para controlar gastos y preparar las cantidades de dinero a necesitarse en el futuro de la obra; también para conocer la cantidad de materiales que se utilizarán, a la vez que la cantidad de mano de obra necesaria y las utilidades de la obra.

Revisión de la documentación del proyecto

Abarca los planos, especificaciones y otros documentos que forman parte del proyecto, para comprender qué actividades implica el proyecto.

Anotación de las tareas no contempladas

Esto sucede cuando ocurren modificaciones del diseño, o tareas que son de naturaleza inherente. (Demoliciones, acarreo de material de desperdicio, anexos especiales)

Análisis de costos a subcontratos

Al conocer el proyecto, se debe analizar si se necesitará de un subcontrato, anotar las actividades que de este modo se realizarán, cuantificadas en sus precios y cantidades para envío de la información a los subcontratistas. Estos emitirán un precio aceptable, el contratista que esté de acuerdo a todas las solicitudes demandadas en las especificaciones del proyecto, es el que deberá contratarse.

Gastos administrativos

Se debe de añadir todos los costos para llegar a un presupuesto final donde incluirá la mano de obra, materiales y el subcontrato con terceros, así mismo los adicionales que se haya podido generar. Dentro del presupuesto también están los permisos o licencias de construcción, alquiler de maquinaria, herramientas y equipos, salario del especialista de supervisión.

Utilidades

Cuando se obtiene un monto total de lo que costará la construcción se adiciona la utilidad, puede basarse entre el 2 al 10% del monto de la construcción.

IV. Diseño metodológico

Se comprende un conjunto de actividades necesarias de variada naturaleza en una estructura funcional, para generar el conocimiento de los resultados.

La información empleada fue del tipo descriptiva y de campo con enfoque cuantitativo, la recopilación de algunos datos se hizo a través de entrevistas, guías de observación, revisión bibliográfica, hasta encuestas realizadas mediante visitas a la zona de estudio y trabajos de campo para recopilación de datos topográficos.

4.1. Realización del estudio hidrológico de la cuenca

Se creó primeramente el modelo de elevación digital (DEM) de toda la microcuenca del terreno que abarca al barrio Villa Trinidad mediante Google Earth y Global Mapper para el conocimiento de las isohipsas del terreno; y mediante Arc.GIS con sus extensiones internas (Archydro y ArcMap) se obtuvo el mapa representativo de la microcuenca, que contiene los datos necesarios para la determinación de sus parámetros hidrofísicos.

4.1.1. Determinación de los parámetros morfológicos

Se hizo uso de los criterios y fórmulas de Horton, Gravelius y Shumm para la determinación de los parámetros de forma, para describir las repercusiones de respuesta hidráulica de las que son causantes.

4.1.2. Determinación de los parámetros de relieve

Se sustrajo directamente de los resultados del DEM a algunos (altura máxima de la cuenca y mínima, y longitud de cauce); los demás datos necesarios para la construcción de la curva hipsométrica se obtuvieron mediante el análisis geométrico en ArcGIS y programación en Microsoft Excel.

4.2. Levantamiento topográfico

- a) Se realizó para conocer las diferentes características del terreno mediante el equipo de estación total, de las que se pretendía conocer la pendiente general que direccionará el eje del proyecto.

- b) Se consideró el BM geodésico del barrio Villa Trinidad que permite ordenar la obra de drenaje conforme a la elevación real del sistema de drenaje aquí existente.
- c) Se hizo 10 estacionamientos los cuales tomaron lecturas radiales desde 20 m dentro de cada calle para conocer las tendencias del agua sobre las calles que conectarán con la obra, se midieron las cunetas con el objetivo de conocer las elevaciones y así poder proponer la obra.
- d) Se importó los datos desde la memoria de la estación total para convertirlos en datos *xs/s* y *txt*; éstos son los formatos que reconocen los softwares Autodesk y HEC RAS, que se utilizó para el diseño de la obra hidráulica.
- e) Se creó un set de planos topográficos para estimación de los volúmenes de corte y relleno, se representa el eje de proyecto, pendientes de los tramos y la representación de las secciones creadas.

4.3. Estimación del caudal máximo mediante la fórmula racional

- a) Se consideró dos coeficientes para la microcuenca, pues su uso de suelo no es homogéneo; hay zona urbana y zona boscosa, ambas, según la tabla III.2, reciben valores individuales proveyendo diferentes cantidades de escorrentía.
- b) Se obtuvo el coeficiente de escorrentía para la zona vegetal de la cuenca y el de la zona suburbana de la cuenca.
- c) Las intensidades se obtuvieron para tres períodos de retorno o diseño (basados en el criterio de Ven T. Chow) según el tipo de estructura hidráulica (para 2, 15 y 25 años).
- d) Se usó la tabla de intensidades máximas de lluvias de INETER, concerniente a la zona de estudio para conocer las intensidades de diseño de los tres períodos de retorno.
- e) Luego, la fórmula racional arrojó los caudales de diseño de la obra para así proponer una sección capaz de drenarlos.

4.4. Proposición de la obra hidráulica con enfoque sostenible

- a) Se estableció el enfoque sostenible empático de suelos filtrables para lo cual fue necesario adoptar los elementos básicos del sistema de drenaje francés.
- b) El ducto principal del drenaje: es tubería circular de polímero de 1.5 m de diámetro (máximo diámetro que ofrece el fabricante), este es suficiente para librar el caudal máximo de diseño (aproximadamente $9 \text{ m}^3/\text{s}$); con velocidad de entrega de 5.73 m/s y pendiente máxima del 1%.
- c) El sistema de filtro es material pétreo de sobre tamaño, permite una filtración instantánea de la máxima escorrentía esperada en 25 años.

4.4.1. Simulación hidráulica mediante HEC RAS

Para realizar la simulación hidráulica se necesitan datos geométricos en secciones transversales y datos de flujo.

Mediante el ingreso de los datos de las estaciones del levantamiento topográfico, este programa permitió conocer que la capacidad hidráulica del canal actual para tres caudales máximos esperados en 2, 15 y 25 años, el cual no es en lo absoluto competente para drenarlos sin desbordamientos; generando así advertencias concretas para un completo rediseño para evitarlos.

Los parámetros hidráulicos requeridos para el diseño adecuado de la obra fueron proporcionados también por programa.

4.4.2. Propuesta de la sección del cauce de proyecto

- a) Por causa del enfoque sostenible fue necesario reservar ciertas libertades de diseño, como los sencillos, de una sección abierta y simple, y aunque más económicos, perjudiciales en cuanto a las repercusiones medioambientales no mitigables, como el ingreso de gran cantidad de basura que hace contaminar el agua a transportar, y obstruye la eficiencia de descarga de una obra.
- b) Se procuró que el diseño fuera cerrado sucumbiendo así esta problemática de basura, pero que fuera capaz de transportar totalmente las demandas de escorrentías máximas en los próximos 25 años y que admitiera toda la infiltración local, y eliminara todo posible encharcamiento.

- c) Para esto fue necesario adoptar el diseño del subsistema de drenaje francés, diseñado para admitir gran cantidad de infiltración de agua mediante un sistema de filtro con materiales pétreos y transportándola por un canal que se encuentra debajo del estrato filtrante, normalmente circular, que agiliza la descarga.

4.5. Estudio medioambiental

Permite responder a la responsabilidad de considerar las repercusiones medio ambientales y socioeconómicas que generaría la ejecución del proyecto de la región donde se ubica.

Se analiza en los arreglos de matrices como acciones impactantes a todas las siguientes actividades que se realizan en proyectos de drenaje pluvial y alcantarillado, a conformidad con el catálogo nacional de etapas y sub-etapas:

1. **Demoliciones:** Durante esta fase se hace completa eliminación de estructuras viejas existentes que se encuentren en el área de proyecto haciendo uso de maquinaria pesada de demolición; se hace uso también de equipo de remoción y acarreo para la limpieza del material desechable a transportar a una distancia no mayor de 6 km.
2. **Excavación:** Esta actividad corresponde a las excavaciones y movimientos de tierra, no involucra perforaciones superficiales y de profundidad considerables que repercutan en acciones vibratorias que afecten severamente la integridad de la estructura urbana cercana al proyecto.
3. **Acarreo de materiales:** Es una tarea de corta duración, implica la transportación al sitio de cantidades moderadas de materiales para la construcción de ciertas estructuras parciales en el área constructiva almacenados seguramente en una construcción temporal designada.
4. **Botar tierra sobrante:** Esta acción incurre en desalojar del área del proyecto la tierra excavada mediante el transporte del equipo empleado, identificando el lugar adecuado para depositarla.
5. **Sobre acarreo:** Consiste en la transportación local de la piedra bolón y materiales pétreos que se utilizarán para el sistema de filtración de la obra de drenaje con enfoque sostenible.

6. **Cabezales de descarga:** Aquí se crea un sistema de disipación natural de energía, el cual es un arreglo de piedras de sobre tamaño situado antes del ingreso a la obra hidráulica, para evitar socavamiento y disipar energía del agua dado que la pendiente del río natural es considerable.
7. **Cabecera de gaviones:** Esta obra son gradas de gaviones que da recibimiento al agua previo a su ingreso en la obra y tiene la función de retener todo tipo de sedimento que penetraría dentro de ésta, provocando estancamientos irreversibles, así como disipar la energía.
8. **Sub-drenaje:** Antes se hará colocación de la geotela como medio de retención de sedimentos en los paredones no revestidos permitiendo la integridad del cauce; posteriormente se iniciará la etapa de colocación de la tubería de drenaje, haciendo uso de tubería circular de polímero de alta resistencia, toda la mitad superior de la tubería quedará perforada para permitir todos los ingresos de escorrentía de aporte lateral.
9. **Relleno de piedra bolón (Lecho filtrante):** Este es el sistema de filtro y quedará sobre la tubería, y permitirá la filtración del agua por la eficiente porosidad que presente.
10. **Fase de operación:** El sistema de drenaje ya estará disponible para ejercer su función, permitirá el transporte eficiente del agua y toda la escorrentía de las calles, no habrá encharcamientos permanentes ni temporales, permitirá el libre flujo vehicular y peatonal aún en las épocas más críticas del año.

4.5.1. Creación de la matriz de Leopold

Se genera primero otros arreglos matriciales:

- a) **Matriz de acciones impactantes:** Permite identificar los factores del medio que posiblemente pueden ser afectados por las etapas que se ejecutaran en el proyecto.
- b) **Matriz de valoración de las acciones:** se determina en función de su importancia, naturaleza, intensidad, extensión, momento, persistencia, sinergia, acumulación, efecto, periodicidad y recuperabilidad.

- c) **Matriz de importancia de las acciones:** Contiene la magnitud de importancia de cada acción distinguiendo las positivas y negativas mediante el signo (-).
- d) **Matriz superpuesta:** Esta matriz es un resumen de las alteraciones sobre cada medio. Esta permite identificar el factor impactado con mayor peso y a la vez determinar la actividad más impactante sobre el medio físico y social.

Cuantificación de efectos por acción del proyecto: Para realizar una valoración cualitativa de todas las alteraciones se elabora una tabla que muestre el peso o valor de alteración sobre cada factor perjudicado positiva o negativamente del medio ambiente, ésta se hace en orden ascendente a fin de distinguir las alteraciones positivas y negativas. Presupuesto

4.6. Elaboración de los alcances de materiales del proyecto

1. Se realizó tomando en cuenta la siguiente metodología: Determinación del ancho de excavación según normas técnicas es de $0.45 \pm D$; para el caso tenemos zanjas de 2.5 m para tubería de 60". Con la finalidad de facilitar la excavación, el uso de equipos adecuados y para que haya una mayor ventilación y claridad para el operario.
2. Determinación de la altura de compactación con material selecto, distribuyéndose de la siguiente manera:
 - a) Encamado de grava igual a 0.05 m.
 - b) Compactación con material selecto igual a 0.50 m de forma que el tubo quede fijo.
3. Cálculo de los volúmenes de obra de acuerdo a los planos de diseño.

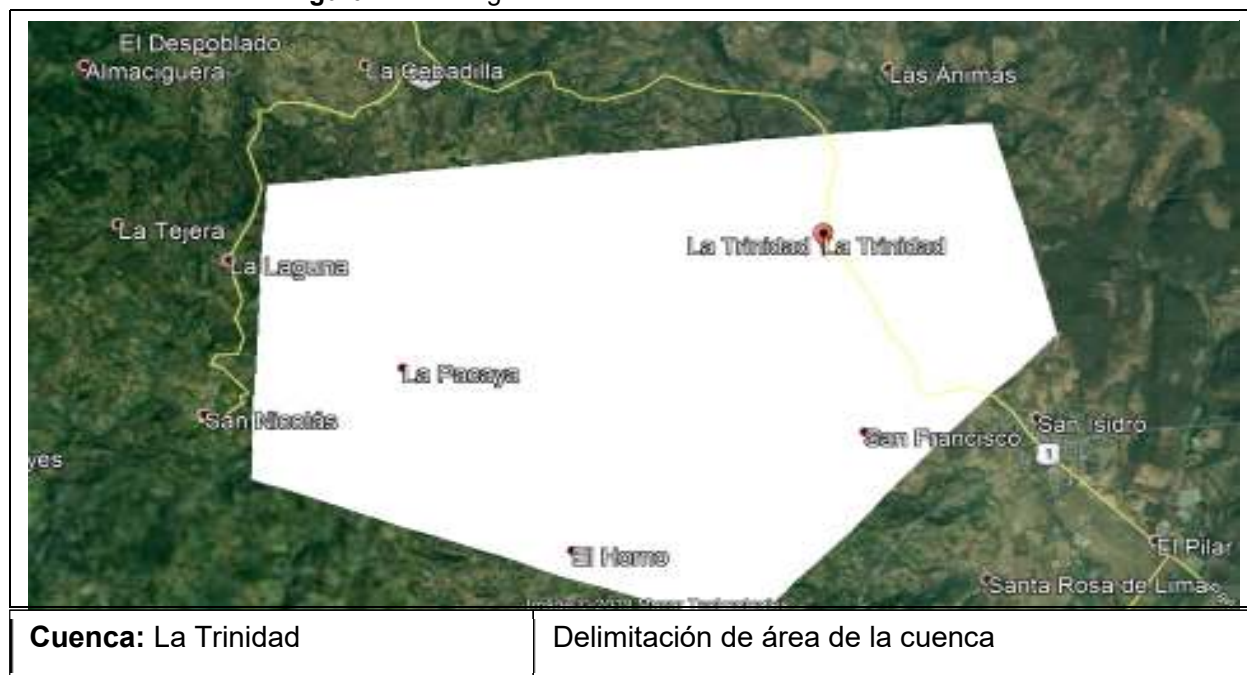
4.6.1. Estimación del costo material de la obra

1. Cálculo de precios unitarios de cada una de las etapas involucradas en el presupuesto; tomando como referencia el "Catálogo de Etapas y Sub -etapas del Nuevo FISE al 15 de agosto de 2008", para proyectos de Rodamiento y Drenaje Pluvial. A partir del "Maestro de Costos Unitarios Primarios"¹⁴ y del "Maestro de Costos Unitarios Complejos del FISE", se determinó el costo relacionado a cada unidad específica. Para la mano de obra y para los materiales se consultó con diferentes empresas.

V. Resultado y análisis

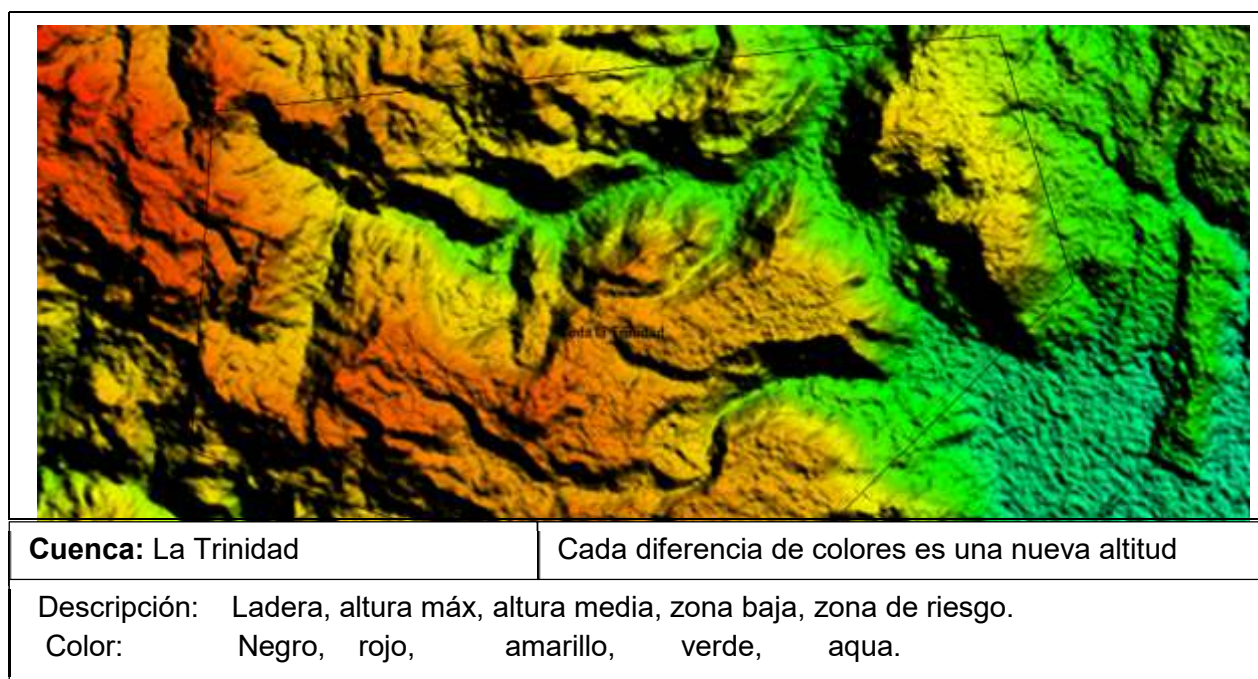
5.1. Estudio hidrológico

Figura N° 7. Polígono de delimitación del área de estudios



Fuente: Propia

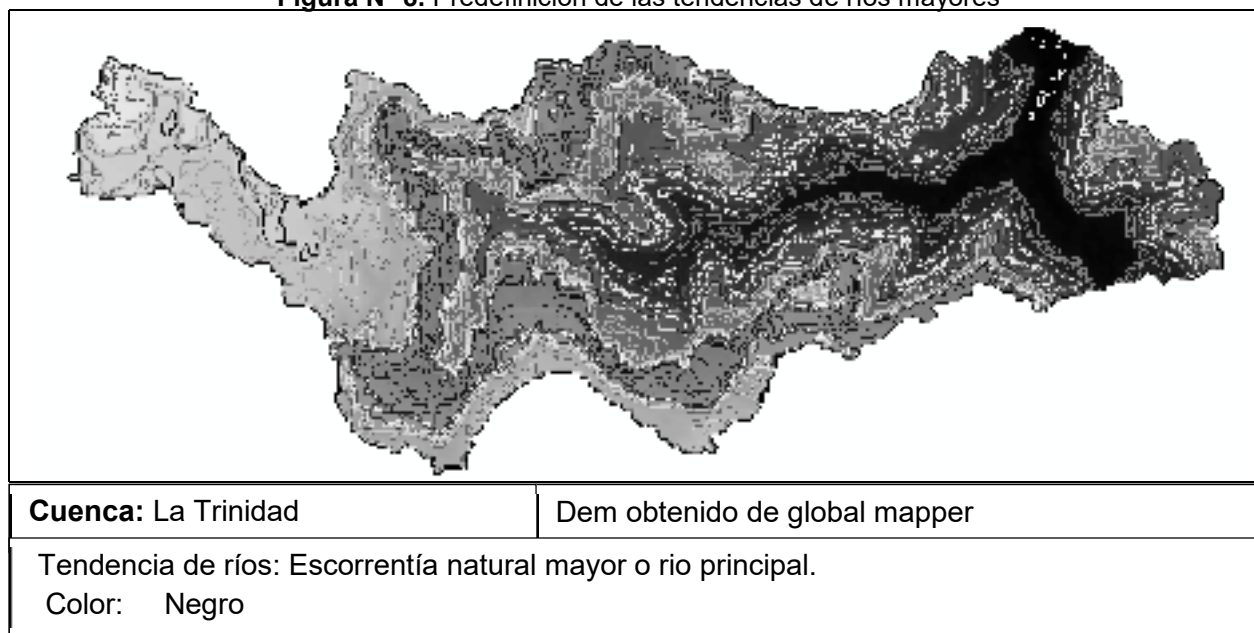
Figura N° 6. Modelo de elevación digital



Fuente: Propia

El formato ERDAS IMAGEN FIL, permite una creación de dígitos DEM que provee una nube de puntos que representan la topografía del terreno.

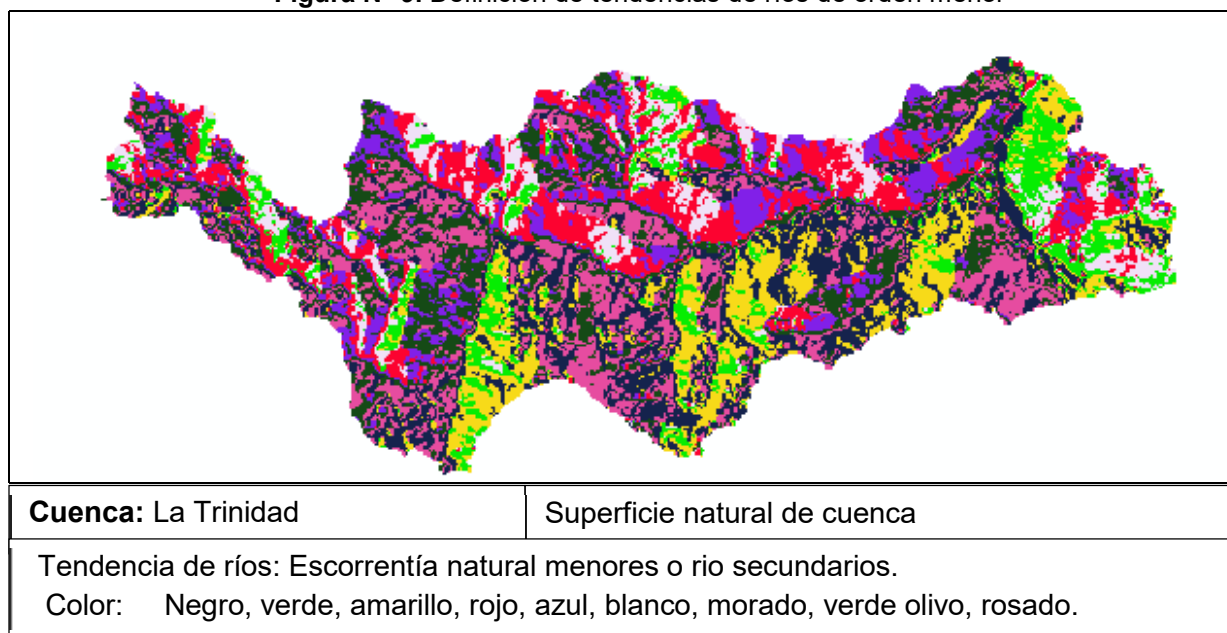
Figura N° 8. Predefinición de las tendencias de ríos mayores



Fuente: Propia

Global Mapper analiza el DEM como una superficie natural de cuenca y le asigna tendencias de escorrentía natural mediante su herramienta Arc Hydro Tools.

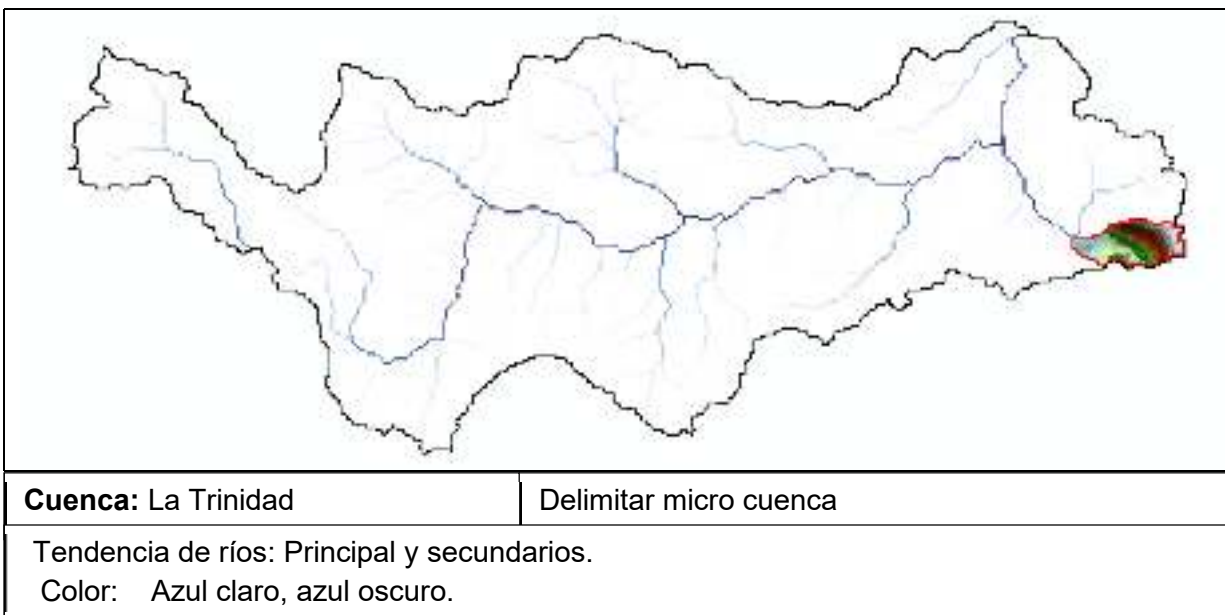
Figura N° 9. Definición de tendencias de ríos de orden menor



Fuente: Propia

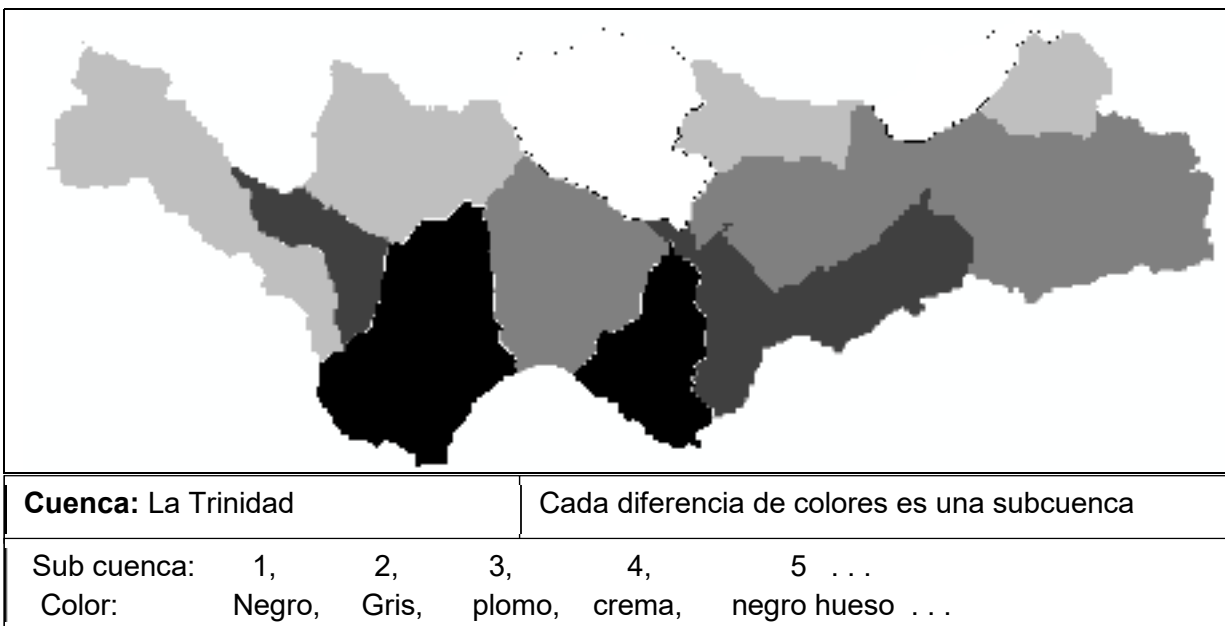
Para delimitar la cuenca se debe seleccionar o crear una capa en la que refleje una mejor tendencia.

Figura N° 10. Generación de sistema hidrográfico de la cuenca



Fuente: Propia

Figura N° 11. División de cuenca en subcuencas

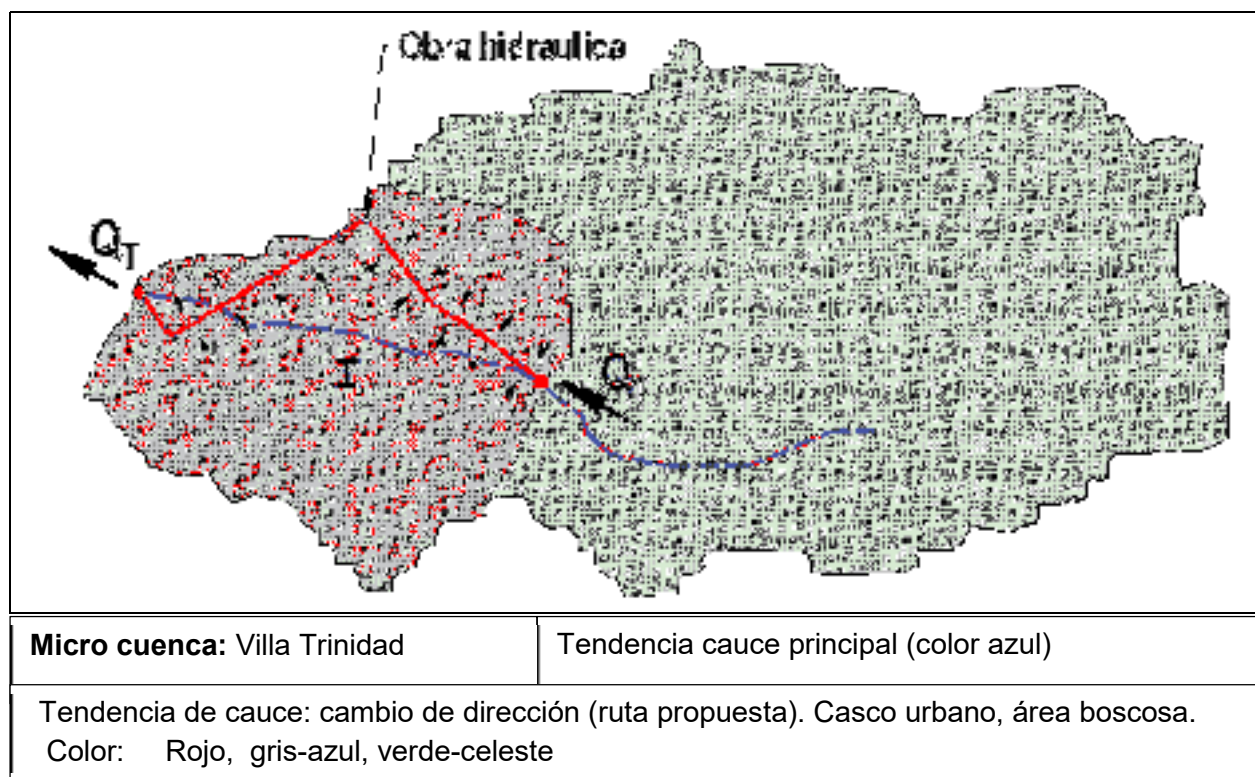


Fuente: Propia

Se procede a la opción de dirección del río, o corriente flow direction Ahora se genera Flow accumulation.

Parámetro hidro-físicos de la microcuenca del barrio Villa Trinidad

Figura N° 12. Microcuenca Villa Trinidad (1.11 km²)



Fuente: Propia

5.1.1. Obtención de los datos planimétricos y de relieve

Tabla 5.1.1. Parámetros morfométricos de la microcuenca

Parámetro	valor	Valoración
Área	1.11 km	Es una microcuenca, no encierra bifurcación, la densidad de lluvia para estas extensiones se considera uniforme; puede determinarse la cantidad de escorrentía mediante el método racional, pues es una extensión menor a 300 Ha
Perímetro	6.04 km	Producido muy irregular debido a las condiciones topográficas del terreno, es una cuenca muy accidentada y debido a esto, posee aún suficiente potencial erosivo.
Longitud de la cuenca	1.28 km	No muy paralelo al centro de gravedad de la cuenca, denota una cuenca con poca vejez, su concavidad está sobre subsuelos resistentes y altamente accidentados.

Fuente: Propia

Tabla 5.1.2. Parámetros morfométricos de la microcuenca

Parámetro	valor	Valoración
Ancho de la cuenca	0.87 km	Bajo en relación con la longitud axial mayor que la cuenca, otorgándole una forma oblonga media, lo que, combinado con lo accidentado del terreno, genera velocidades de tránsito considerables.
Coeficiente de compacidad	1.63	La forma de esta cuenca es muy diferente a la circular ideal (se aleja de la unidad) posee poca capacidad de concentración de la escorrentía, rápidamente será drenada la lluvia.
Razón de elongación	0.93	esto indica que la trayectoria del cauce de la cuenca ha alcanzado bastante la cercanía a la tendencia de una cuenca ideal cuya concavidad es simétrica; significa pues, que el cauce de la cuenca está alcanzado una trayectoria bien definida, esto debido a la rigidez del subsuelo que la compone

Fuente: Propia

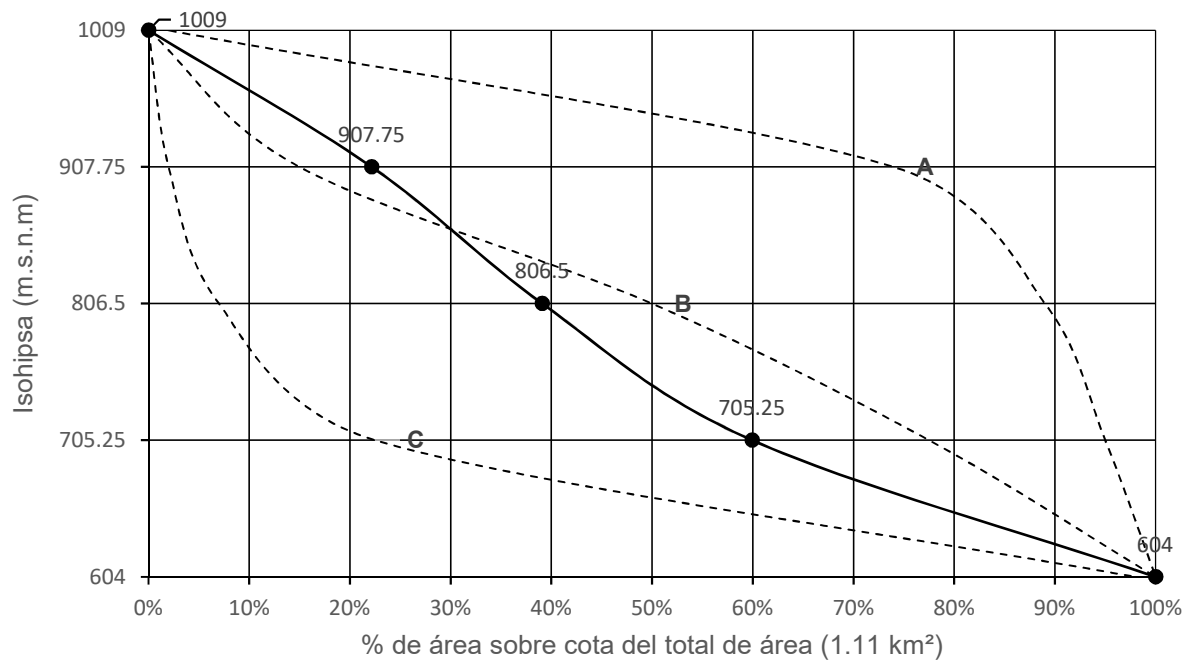
Tabla 5.1.3. Parámetros altimétricos del cauce principal de la cuenca

Parámetro	Valor	Valoración
Altura máxima	728.25 msnm	Es una cuenca muy accidentada, típica de suelos altamente resistentes a la erosión con poca o ninguna cobertura vegetal, rocoso y de cauce bien definido, las velocidades de escorrentía aquí alcanzadas son considerables.
Altura mínima	603.40 msnm	Es aún elevado sobre el nivel del mar, a estas alturas es natural que las cuencas posean una respuesta vigorosa de la energía del agua.
Longitud de cauce	1.28 km	Es un cauce corto, se trata de un cauce tributario, el caudal de entrega, aunque muy accidentado no es muy grande.
Pendiente del cauce	0.32 m/m	Es un cauce bien accidentado, su tipología escurre agua a velocidades considerables, aquí el tiempo de concentración de la cuenca se reduce considerablemente.

Fuente: Propia

5.1.2. Hipsometría de la cuenca

Figura N° 13. Curva hipsométrica de la microcuenca Villa Trinidad



Fuente: Propia

$$R_h = \frac{0.637 \text{ km}^2}{0.473 \text{ km}^2} = 1.35$$

Rh: Relación hipsométrica

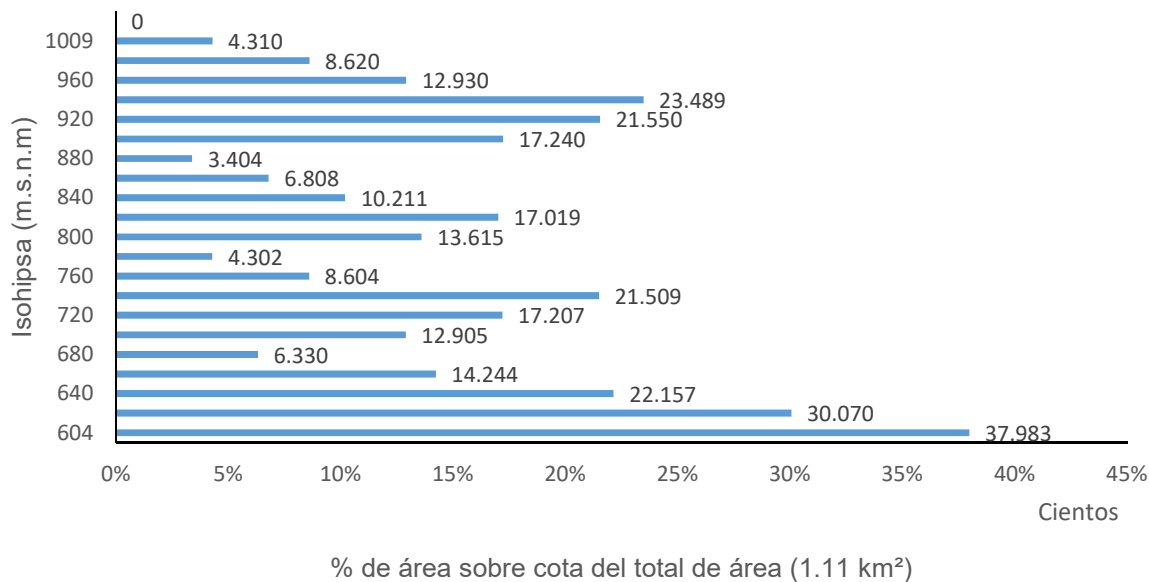
Ss: Área por encima de curva hipsométrica

Si: Área por debajo de la curva hipsométrica

La cuenca presenta una fase A con una relación hipsométrica de 1.35 según la tipología de modelo de cuencas de Strahler (ver figura III.3) la integral hipsométrica presenta potencial erosivo, esto es, una cuenca en fase de desequilibrio o cuenca joven, su moderado potencial erosivo impide que su concavidad no sea muy marcada provocando que su tiempo de concentración sea muy rápido.

5.1.3. Diagrama de frecuencias de altitudes

Figura N° 14. Diagrama del comportamiento altitudinal



Fuente: Propia

Se presenta una moda altimétrica ya en la parte baja de la cuenca, los demás intervalos de frecuencias son similares, esto sugiere una pendiente general cercana a 45°, representa a una zona accidentada poco erosionable en esa parte, el punto de inflexión entre estos intervalos y el de la moda genera un cambio considerable de pendiente para el intervalo más bajo, éste representa el 40% del área en proyección horizontal de la cuenca, que permite una entrega de agua a velocidades moderadas en el punto de cierre favoreciendo al cabezal aguas arriba de la obra hidráulica.

5.2. Topografía del terreno

Tabla 5.2.1. Secciones Transversales de corte

Estación	Área de corte(m ²)	Volumen de corte(m ³)	Área de relleno(m ²)	Volumen de relleno(m ³)	Volumen total de relleno(m ³)	Volumen total de corte(m ³)
0+000.000	10.89	0	0	0	0	0
0+008.238	10.66	88.78	0	0	0	88.78
0+010.000	7.88	16.46	0	0	0	105.24
0+020.000	10.61	92.44	0	0	0	197.68
0+030.000	10.91	107.59	0	0	0	305.28
0+040.000	11.09	109.99	0	0	0	415.27
0+050.000	10.89	109.9	0	0	0	525.17
0+060.000	10.45	106.68	0	0	0	631.85
0+070.000	10.16	103.03	0	0	0	734.88
0+080.000	8.91	95.35	0	0	0	830.23
0+090.000	9.26	90.85	0	0	0	921.08
0+100.000	8.58	89.17	0	0	0	1010.25
0+110.000	8.87	87.21	0	0	0	1097.45
0+120.000	9.04	89.55	0	0	0	1187
0+130.000	9.9	94.72	0	0	0	1281.73
0+139.991	8.43	91.54	0	0	0	1373.27
0+140.000	8.42	0.07	0	0	0	1373.34
0+140.507	8.33	4.26	0	0	0	1377.6
0+141.024	8.24	4.28	0	0	0	1381.88
0+150.000	8.27	74.14	0	0	0	1456.01
0+160.000	7.83	80.52	0	0	0	1536.53
0+170.000	7.24	75.35	0	0	0	1611.88
0+180.000	6.82	70.28	0	0	0	1682.16
0+190.000	7.19	70.05	0	0	0	1752.21
0+200.000	7.19	71.9	0	0	0	1824.11
0+210.000	7.08	71.33	0	0	0	1895.45
0+220.000	6.8	69.41	0	0	0	1964.86
0+228.628	6.47	57.28	0	0	0	2022.14
0+229.172	6.44	3.51	0	0	0	2025.66
0+229.715	6.43	3.5	0	0	0	2029.16
0+230.000	6.45	1.84	0	0	0	2030.99
0+240.000	6.48	64.67	0	0	0	2095.66
0+250.000	6.14	63.13	0	0	0	2158.79
0+260.000	6.1	61.19	0	0	0	2219.98
0+270.000	6	60.5	0	0	0	2280.48
0+280.000	5.85	59.26	0	0	0	2339.74

Fuente: Propia

Topografía del terreno

Tabla 5.2.2. Secciones Transversales de corte

Estación	Área de corte(m ²)	Volumen de corte(m ³)	Área de relleno(m ²)	Volumen de relleno(m ³)	Volumen total de relleno(m ³)	Volumen total de corte(m ³)
0+290.000	5.82	58.36	0	0	0	2398.11
0+300.000	5.87	58.45	0	0	0	2456.56
0+310.000	5.68	57.73	0	0	0	2514.29
0+320.000	5.44	55.57	0	0	0	2569.86
0+330.000	5.43	54.34	0	0	0	2624.19
0+340.000	5.46	54.44	0	0	0	2678.64
0+350.000	5.73	55.96	0	0	0	2734.6
0+360.000	5.97	58.53	0	0	0	2793.13
0+370.000	6.12	60.47	0	0	0	2853.6
0+380.000	6.25	61.88	0	0	0	2915.48
0+390.000	6.73	64.92	0	0	0	2980.4
0+400.000	7.37	70.52	0	0	0	3050.92
0+401.840	7.49	13.68	0	0	0	3064.6
0+408.345	7.15	47.68	0	0	0	3112.28
0+410.000	6.76	11.24	0	0	0	3123.51
0+414.850	7.06	32.69	0	0	0	3156.2
0+420.000	6.85	35.81	0	0	0	3192.01
0+430.000	6.39	66.18	0	0	0	3258.19
0+440.000	6.41	64.03	0	0	0	3322.22
0+450.000	6.31	63.61	0	0	0	3385.83
0+460.000	6.25	62.8	0	0	0	3448.63
0+470.000	6.3	62.77	0	0	0	3511.4
0+480.000	6.4	63.54	0	0	0	3574.94
0+490.000	6.32	63.62	0	0	0	3638.56
0+500.000	6.22	62.72	0	0	0	3701.28
0+510.000	6.15	61.89	0	0	0	3763.17
0+520.000	6.08	61.17	0	0	0	3824.35
0+530.000	5.96	60.18	0	0	0	3884.53
0+540.000	5.83	58.9	0	0	0	3943.43
0+550.000	5.74	57.83	0	0	0	4001.26
0+560.000	5.79	57.63	0	0	0	4058.89
0+570.000	5.78	57.81	0	0	0	4116.7
0+580.000	5.65	57.15	0	0	0	4173.85
0+590.000	5.64	56.45	0	0	0	4230.29
0+600.000	5.48	55.56	0	0	0	4285.85
0+610.000	5.38	54.27	0	0	0	4340.12
0+620.000	5.27	53.25	0	0	0	4393.38
0+630.000	5.18	52.26	0	0	0	4445.63
0+640.000	5.12	51.5	0	0	0	4497.13
0+650.000	5.1	51.12	0	0	0	4548.25
0+660.000	5.19	51.45	0	0	0	4599.7
0+670.000	5.14	51.64	0	0	0	4651.34

Fuente: Propia

Topografía del terreno

Tabla 5.2.3. Secciones Transversales de corte

Estación	Área de corte(m ²)	Volumen de corte(m ³)	Área de relleno(m ²)	Volumen de relleno(m ³)	Volumen total de relleno(m ³)	Volumen total de corte(m ³)
0+680.000	5.15	51.45	0	0	0	4702.79
0+690.000	5.08	51.13	0	0	0	4753.92
0+700.000	5.17	51.25	0	0	0	4805.17
0+710.000	5.42	52.94	0	0	0	4858.11
0+720.000	5.26	53.38	0	0	0.01	4911.48
0+730.000	5.35	53.03	0	0	0.01	4964.51
0+740.000	5.69	55.21	0	0	0.01	5019.72
0+750.000	5.34	55.16	0	0	0.01	5074.87
0+760.000	6.04	56.89	0	0	0.01	5131.76
0+770.000	6.15	60.96	0	0	0.01	5192.72
0+776.083	5.98	36.91	0	0	0.01	5229.63
0+780.000	5.85	23.17	0	0	0.01	5252.8
0+782.429	5.91	14.28	0	0	0.01	5267.08
0+788.775	6.21	38.41	0	0	0.01	5305.49
0+790.000	5.47	7.16	0	0	0.01	5312.65
0+800.000	4.59	50.3	0	0	0.01	5362.95
0+810.000	3.67	41.27	0	0	0.01	5404.22
0+820.000	2.81	32.38	0	0	0.02	5436.6
0+830.000	2.67	27.39	0	0	0.02	5463.98
0+840.000	2.56	26.15	0	0	0.02	5490.12
0+850.000	2.2	23.8	0	0	0.03	5513.91
0+860.000	2.03	21.14	0	0	0.03	5535.05
0+867.987	1.91	15.73	0	0	0.03	5550.78
0+869.106	1.9	2.13	0	0	0.03	5552.91
0+870.000	1.91	1.7	0	0	0.03	5554.61
0+870.225	1.91	0.43	0	0	0.03	5555.04
0+880.000	2.02	19.25	0	0	0.04	5574.28
0+890.000	1.55	17.88	0	0	0.04	5592.16
0+900.000	1.64	15.97	0	0	0.05	5608.13
0+910.000	0.72	11.83	0	0	0.05	5619.95
0+920.000	0.34	5.3	0	0	0.06	5625.25
0+927.612	0.06	1.49	0.03	0.11	0.17	5626.63

Fuente: Propia

5.3. Caudal de diseño hidráulico

Tabla 5.3.1. Caudales máximos mediante la fórmula racional

Parámetro		Dimensión	Valor
Altura máxima de cauce		msnm	692.00
Altura mínima de cauce		msnm	615.25
Pendiente del cauce		%	0.06
Longitud del cauce principal		m	1485.05
pendiente media de la cuenca		%	0.31
Área de la cuenca			
Área boscosa de la cuenca		km ²	0.84
Área de zona suburbana		km ²	0.27
Elevación media de la cuenca		msnm	753.57
Tiempo de concentración		min	8.42
Intensidad de lluvia			
Para un período retorno de 25 años		mm/h	168.50
Para un período retorno de 15 años		mm/h	158.88
Para un período retorno de 5 años		mm/h	110.42
Coeficiente de escorrentía			
Parámetros de C1			
Us	0.06	Adim.	
Ps	1.25	Adim.	
Pt	2.00	Adim.	0.15
Parámetros de C2			
Us	0.2	Adim.	
Ps	1.25	Adim.	
Pt	1.00	Adim.	0.25
Caudal máximo			
Para un período retorno de 25 años		m ³ /s	9.06
Para un período retorno de 15 años		m ³ /s	8.54
Para un período retorno de 2 años		m ³ /s	5.94

Fuente: Propia

5.3.1. Tránsito de Avenida

Tabla 5.3.2. Caudales máximos para el tránsito de avenida

Cálculo de caudales para el tránsito de avenida													
Sub cuenca	Área	Long	Hmax	Hmin	Sc		tc	I	Coeficiente de escorrentía				Caudal
	km²	m	m	m	m/m	%	min	mm/hora	Us	Ts	Pt	C	m3/s
1	2	3	4	5	6	7	7	8	9	10	11	12	13
V-1 2 Años	0.840	1,280	692	615.25	0.06	6.00%	8.42	168.50	0.06	1.25	2.00	0.15	9.06
	0.270								0.20	1.25	1.00	0.25	
V-1 15 Años	0.840	1,280	692	615.25	0.06	6.00%	8.42	158.88	0.06	1.25	2.00	0.15	8.54
	0.270								0.20	1.25	1.00	0.25	
V-1 25 Años	0.840	1,280	692	615.25	0.06	6.00%	8.42	110.42	0.06	1.25	2.00	0.15	5.94
	0.270								0.20	1.25	1.00	0.25	

Fuente: Propia

Tabla 5.3.3. Suma de hidrograma transitado

Suma de hidrograma: transitado del 2,15 y 25 Años							
K =	8.42			t =		4.21	
C0 =	0.0476			C1 =	0.4286		C2 = 0.5238
t				Antes del trans		Momento del trans	
min	C0*I2	C1*I1	C2*O1	I1	O1	I2	O2
1	2	3	4	5	6	7	8
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.21	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	8.80	0.42
8.42	0.84	3.77	0.22	8.80	0.42	17.60	4.83
8.42	0.84	7.54	2.53	17.60	4.83	17.60	10.91
12.63	0.41	7.54	5.71	17.60	10.91	8.67	13.67
16.84	0.14	3.71	7.16	8.67	13.67	3.01	11.02
21.05	0.00	1.29	5.77	3.01	11.02	0.00	7.06
25.26	0.00	0.00	3.70	0.00	7.06	0.00	3.70
29.47	0.00	0.00	1.94	0.00	3.70	0.00	1.94
33.68	0.00	0.00	1.02	0.00	1.94	0.00	1.02
37.89	0.00	0.00	0.53	0.00	1.02	0.00	0.53
42.10	0.00	0.00	0.28	0.00	0.53	0.00	0.28
46.31	0.00	0.00	0.15	0.00	0.28	0.00	0.15
50.52	0.00	0.00	0.08	0.00	0.15	0.00	0.08
54.73	0.00	0.00	0.04	0.00	0.08	0.00	0.04

Fuente: Propia

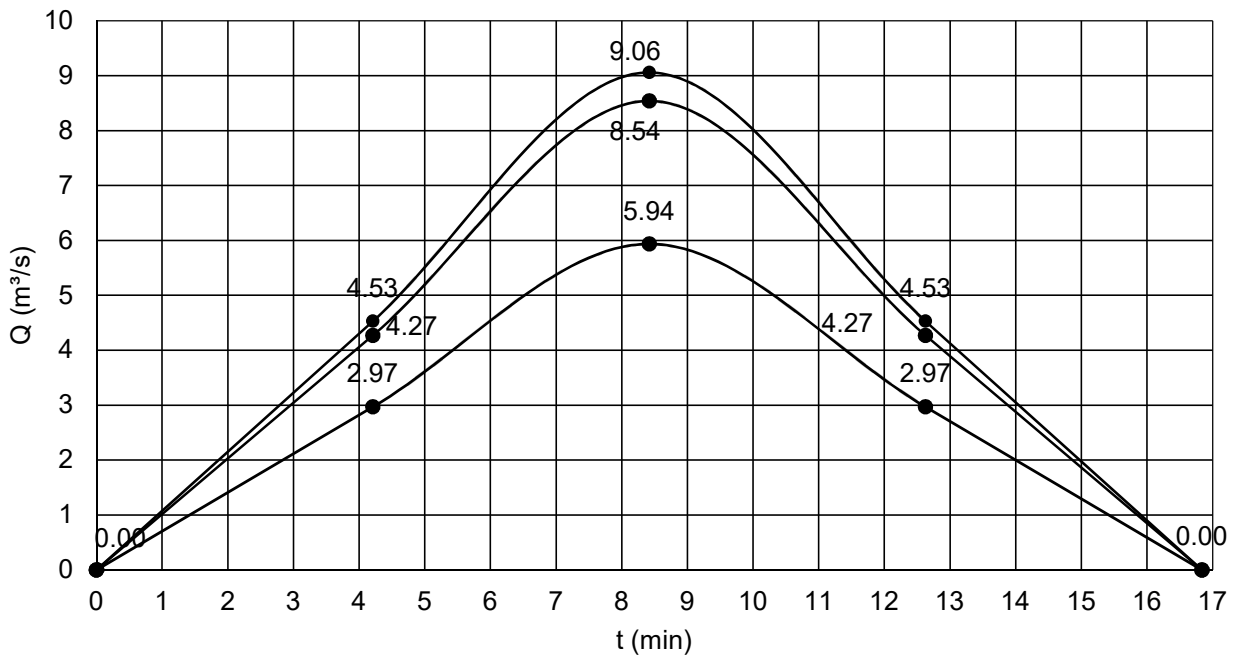
Tabla 5.3.4. Hidrograma triangular sintético

Hidrograma triangular					
Hidrograma TR = 2 Años		Hidrograma TR = 15 Años		Hidrograma TR = 25 Años	
$t = t_c / 2$	4.21	$t = t_c / 2$	4.21	$t = t_c / 2$	4.21
t(min)	Q(m ³ /s)	t(min)	Q(m ³ /s)	t(min)	Q(m ³ /s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.21	4.53	4.21	4.27	4.21	2.97
8.42	9.06	8.42	8.54	8.42	5.94
12.63	4.53	12.63	4.27	12.63	2.97
16.84	0.00	16.84	0.00	16.84	0.00

Fuente: Propia

Hidrograma

Figura N° 15. Hidrograma triangular sintético



Fuente: **Propia**

Al ser una cuenca en su etapa de equilibrio, y un tiempo de concentración muy pequeño, su velocidad de respuesta es inmediata.

La obra hidráulica posee la capacidad de drenar el agua de lluvia máxima sobre el barrio villa Trinidad en 15 min.

5.3.2. Ensayo hidráulico mediante HEC-RAS

Ensayo hidráulico del terreno natural

Los datos que se introducen en el programa de las secciones transversales fueron Levantados directamente del campo.

Figura N° 16. Datos del cauce

Flow Change Location				Profile Names and Flow		
	River	Reach	RS	TR= 2 Años	TR= 15 Años	TR= 25 Años
1	Rio	CALA VILLA	790.02	5.94	8.54	9.06

Fuente: Propia

Una vez que los datos geométricos se han entrado se empieza a introducir los datos de flujo que se requiera. En este caso se introducen caudales para tres periodos (2 años, 15 años, 25 años), estos caudales de entrada se calculan por medio de un método hidrológico.

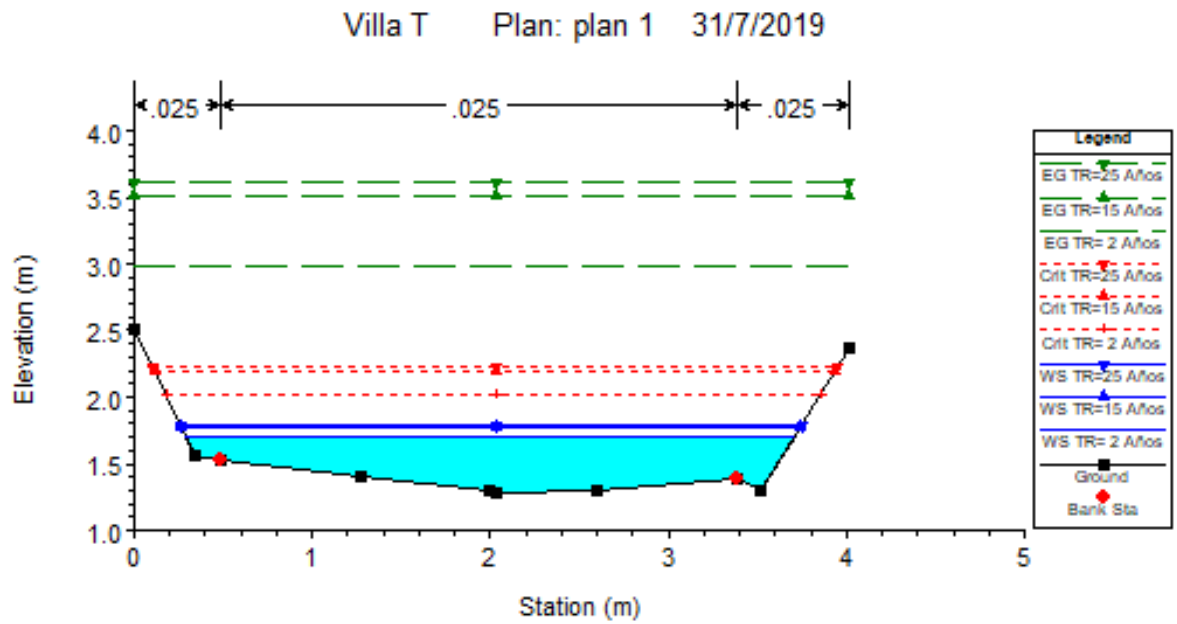
La pendiente que se le ingreso fueron la de 1 y 0.63 %. Como se muestra en la figura.

Figura N° 17. Asignar las pendientes

Selected Boundary Condition Locations and Types				
River	Reach	Profile	Upstream	Downstream
Rio	CALA VILLA	all	Normal Depth S = 0.063	Normal Depth S = 0.01

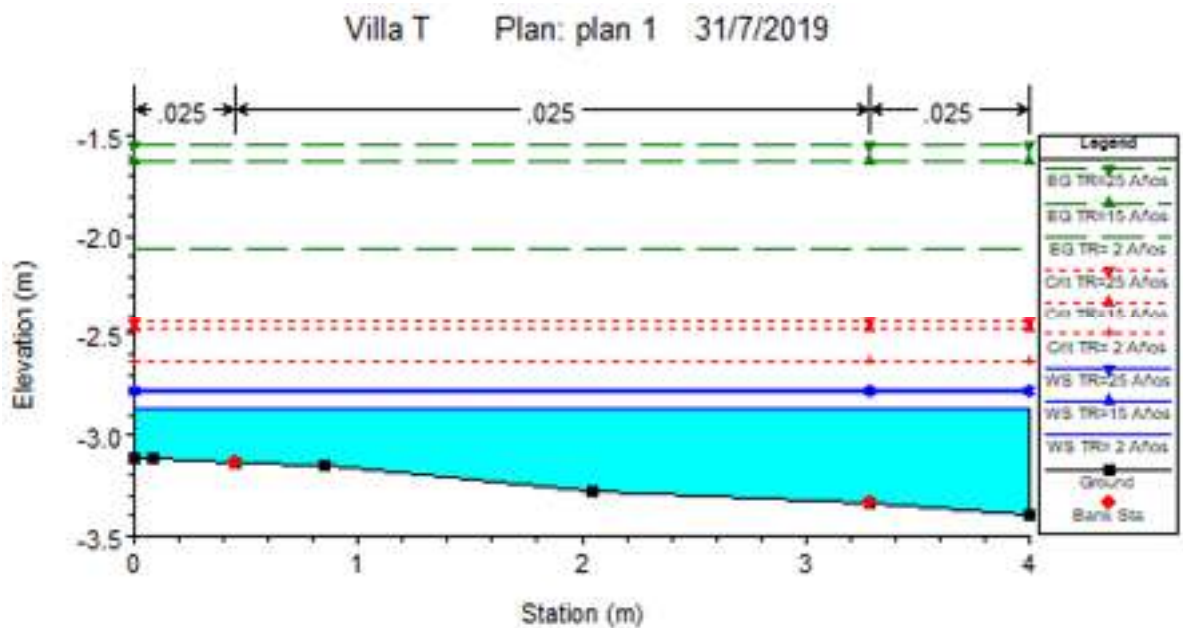
Fuente: Propia

Figura N° 18. Sección en la estación 0+015; principio de obra



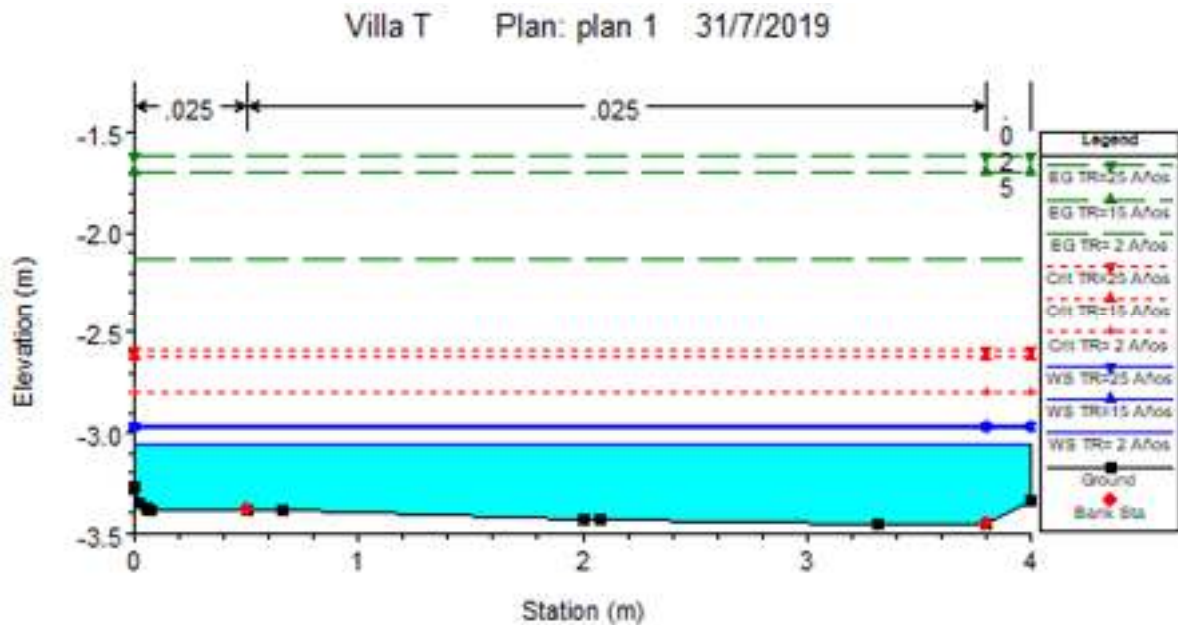
Fuente: Propia

Figura N° 19. Sección en la estación 0+350, bifurcación a calle principal



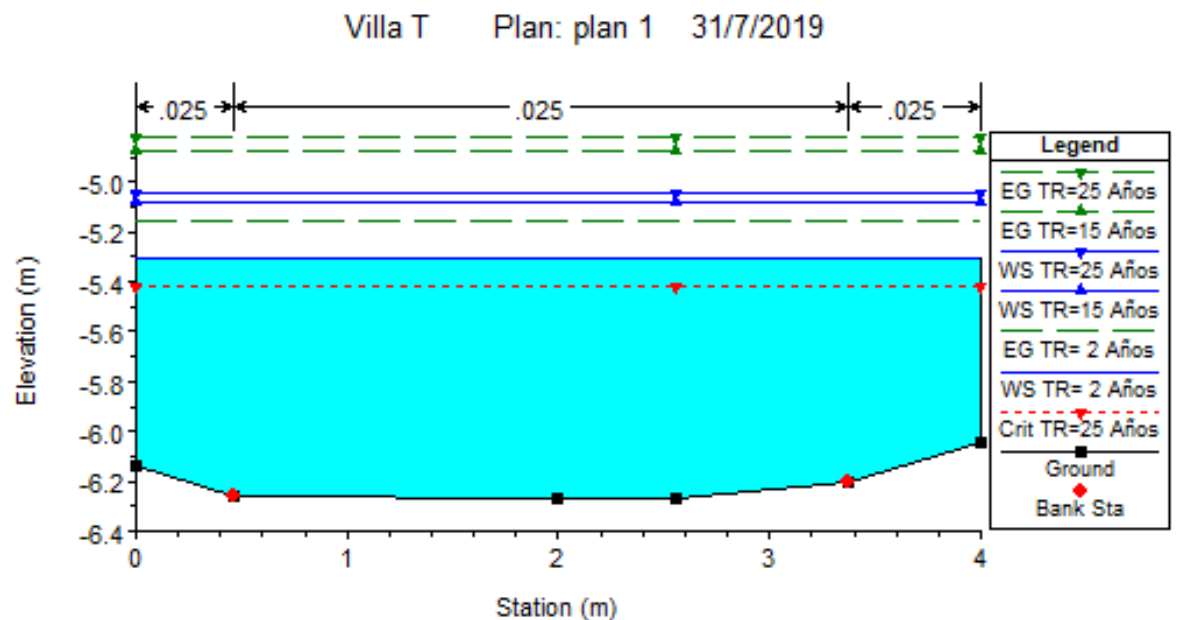
Fuente: Propia

Figura N° 20. Sección en la estación 0+750



Fuente: Propia

Figura N° 21. Sección en la estación 0+775, final de obra



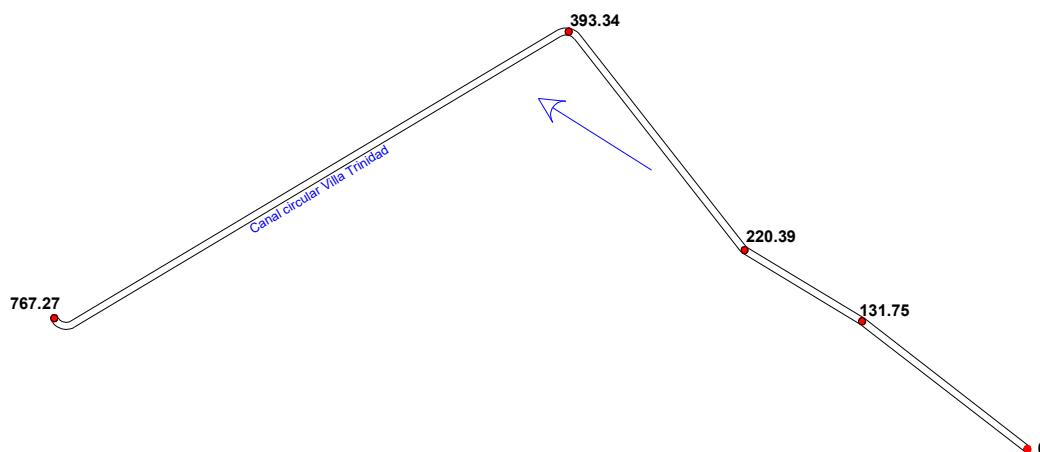
Fuente: Propia

Una vez que los datos geométricos y de flujo estén introducidos, el modelador puede comenzar los cálculos. Se observa una sección del cauce natural en el cual el agua se desborda ya que no tiene profundidad suficiente para evacuar el agua sin desborde.

5.4. Diseño del sistema de drenaje

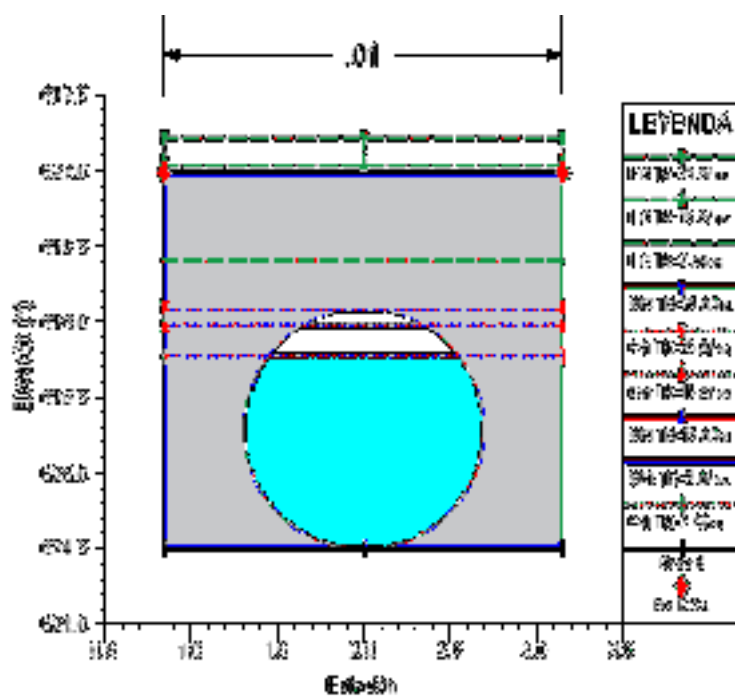
5.4.1. Análisis hidráulico de la sección transversal del canal del sistema

Figura N° 22. Sección circular, diámetro: 1.5m, Manning: 0.01



Fuente: Propia

Figura N° 23. Sección en la estación 0+015; principio de obra

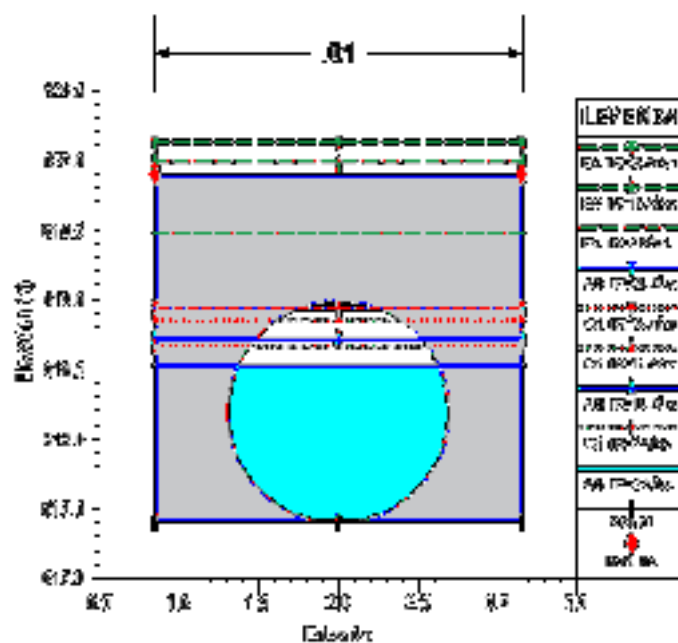


Fuente: Propia

Fuente: Propia

Diagrama de un elemento de placa cuadrada con un agujero circular. El elemento mide 0.6 m de lado. El agujero tiene un diámetro de 0.2 m. Se muestran las condiciones de contorno: desplazamiento vertical fijo en los bordes superior e inferior, y desplazamiento horizontal fijo en los bordes izquierdo y derecho. Se indican las fuerzas de carga: una carga distribuida verticalmente en la parte superior y una carga puntual en el centro del agujero. Se muestran las líneas de fuerza cortante y momento flector.

Figura N° 26. Sección final, entrega hidráulica de la obra



54

Tabla 5.4.1. Análisis hidráulico por cada culvert

Plan: Plan Cauce V Villa RS: 561 Culv Group: Culvert #1 Profile: TR = 25 Años			
Q Culv Group (m3/s)	9.06	Culv Full Len (m)	
# Barrels	1	Culv Vel US (m/s)	4.80
Q Barrel (m3/s)	9.06	Culv Vel DS (m/s)	4.80
E.G. US. (m)	624.15	Culv Inv El Up (m)	622.50
W.S. US. (m)	623.61	Culv Inv El Dn (m)	622.42
E.G. DS (m)	624.07	Culv Frctn Ls (m)	0.00
W.S. DS (m)	623.52	Culv Exit Loss (m)	1.07
Delta EG (m)	0.08	Culv Entr Loss (m)	1.18
Delta WS (m)	0.09	Q Weir (m3/s)	
E.G. IC (m)		Weir Sta Lft (m)	
E.G. OC (m)		Weir Sta Rgt (m)	
Culvert Control	Outlet	Weir Submerg	
Culv WS Inlet (m)	624.05	Weir Max Depth (m)	
Culv WS Outlet (m)	623.97	Weir Avg Depth (m)	
Culv Nml Depth (m)	0.50	Weir Flow Area (m2)	
Culv Crt Depth (m)	1.55	Min El Weir Flow (m)	625.00

Fuente: Propia

Tabla 5.4.2. Resultados hidráulicos de todo el drenaje

[illegible]

Fuente: Propia

Las secciones hidráulicas son las presentadas para el caudal de diseño de $9.06\text{m}^3/\text{s}$; las secciones de las estaciones 0+015, 0+350, 0+420 representan el tramo I de la obra, con una pendiente del 1%, las altura máxima del prisma de agua aquí es de 1.18m con una relación de tirante de 0.79 y velocidad entre los 4 y 5 m/s; para el tramo II con pendiente de 0.36% se presentan las secciones 0+420, 0+750, 0+775 con decremento en el tirante de las secciones hasta 1.07m, relación 0.71; la velocidad del volumen permanece similar en ambos tramos entre (4 y 5 m/s).

5.4.2. Diseño geométrico del desarrollo de la sección transversal

Tabla 5.4.3. Alineamiento (rumbo)

N°	Radio (m)	Longitud (m)	Rumbo
L1		140.00	N52°15'13.99°O
C1	9.00	1.03	N55°2'22.05°O
L2		87.61	N58°49'30.11°O
C2	3.00	1.09	N48°27'21.63°O
L3		171.86	N38°05'13.15°O
C3	9.00	13.00	N79°28'15.54°O
L4		361.24	N59°08'42.06°O
C4	8.50	12.69	N78°06'02°O
L5		139.63	N35°20'46.05°O

Fuente: Propia

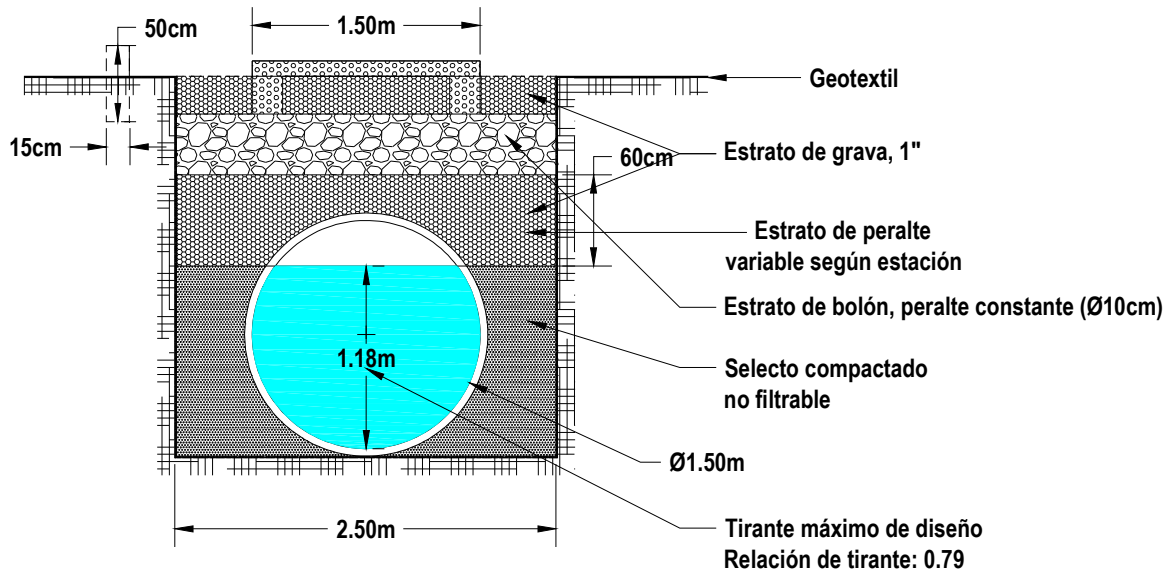
Las curvas que existen en la trayectoria del eje de proyecto son estructuras de concreto ciclópeo, sus radios de curvaturas se diseñaron con el propósito de no alterar el tirante hidráulico que provocaría turbulencia que saturaría la sección.

Los cambios de dirección C1 y C2 fueron obligados por causa del diseño de calles, las líneas de tuberías aquí se unirán con cabezales de dimensiones especiales

Los radios de curvas C3 Y C4 son los máximos posibles, por ser zona urbana, creadas para cruzar la dirección de la tubería en la calle principal de acceso al barrio, paralela al tramo (0+414.59 - 0+775.83).

5.4.3. Diseño del sistema drenaje filtro-francés

Figura N° 27. Sistema filtro-drenaje francés



Fuente: Propia

El sistema es una de las formas constructivas más eficaces para solución de inundaciones, también provee la conducción no contaminada y segura del agua al ser subterráneo y estar provisto de un arreglo de estratos.

Los estratos de filtración poseen una eficiencia hidráulica de 400L/m²/s y 100L/m²/s para la piedra bolón (Ø10cm) y la grava gruesa (1") respectivamente; también proveen un bloqueo eficiente toda la basura sólida que depositaría la escorrentía al cauce en los aportes laterales.

Los materiales de los que está compuesto son los de una obra de ingeniería básica, no repercuten contra el medio ambiente

Se presenta conforme a la relación de tirante máximo que provee el caudal máximo de diseño durante 25 años, que el diámetro de diseño (máximo que provee el fabricante) provee una buena eficiencia hidráulica.

5.5. Evaluación ambiental

Los impactos potenciales que podrían originarse son analizados con relación a los siguientes factores ambientales: microclima, ruido, vibraciones, contaminación del aire, suelo y agua, paisaje, estética y aspectos socioeconómicos. Los impactos variarán en grado y magnitud, en función a la condición ambiental inicial existente de los recursos mismos, la relación con las actividades previstas en ejecución del proyecto y el grado de sinergia con los diferentes componentes del ecosistema.

Tabla 5.5.1. Matriz de impacto

Factor del medio \ Acción impactante			Demoliciones	Excavación	Acarreo de materiales	Botar tierra sobrante	Sobre acarreo	Cabecera de gaviones	Cabezales de descarga	Sub-drenaje	Relleno de piedra bolón	Fase de operación
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Aire	Calidad del aire	1	A1	B1	C1	D1	E1					
	Nivel del ruido	2	A2	B2		D2	E2				I2	
Tierra	Tierra y suelo	3		B3				F3			I3	
Agua	Recursos hídricos	4										J4
Paisaje	Paisaje natural	5				D5			G5			
	Paisaje urbano	6	A6	B6							I6	J6
Territorio	Estructura urbana	7	A7	B7							I7	J7
	Zonas verdes	8										J8
	Usos del suelo	9									I9	J9
	Equipamiento	10										J10
	Infraestructura y servicio	11	A11	B11						H11		J11
Humanos	Nivel de vida	12		B12						H12	I12	J12
	Seguridad humana	13		B13							I13	J13
	Salud e higiene	14								H14	I14	J14
Población	Empleos temporales	15		B15			E15	F15	G15	H15	I15	
Economía	Ingresos	16		B16			E16	F16	G16	H16	I16	
	Inversión	17		B17			E17	F17	G17	H17	I17	

Fuente: Propia

Tabla 5.5.2. Criterio de valoración para atributos de los elementos impactantes

Naturaleza		Intensidad (I)	
Impacto beneficioso	(+1)	Baja	1
Impacto perjudicial	(-1)	Media	2
		Alta	4
		Muy alta	8
		Total	12
Extensión (EX)		Momento (MO)	
Puntual	1	Largo plazo	1
Parcial	2	Medio plazo	2
Extenso	4	Inmediato	4
Total	8	Critico	(+4)
Critica	(+4)		
Persistencia (PE)		Reversibilidad (RV)	
Fugaz	1	Corto Plazo	1
Temporal	2	Medio Plazo	2
Permanente	4	Irreversible	4
Sinergia (SI)		Acumulación (AC)	
Sin sinergismo (simple)	1	Simple	1
Sinérgico	2	Acumulativo	4
Muy Sinérgico	4		
Efecto (EF)		Periodicidad (PR)	
Indirecto (secundario)	1	Irregularidad o aperiódico y discontinuo	1
Directo	4	Periódico	2
		Continuo	4
Recuperabilidad (MC)		Importancia (I)	
Inmediata	1	$I = \pm(3I+2EX+MO+PE+RV+SI+AC+EF+PR+MC)$	
Recuperable a medio plazo	2	Irrelevantes	>25%
Mitigable	4	Moderados	25%-50%
Irrecuperable	8	Severos	50%-75%
		Críticos	<75%

Fuente: Propia

Valorización a criterio del daño o beneficio de cada uno de los atributos del medioambiente.

Tabla 5.5.3. Atributos de impactos

IMPACTOS	Atributos de impacto												
	Naturaleza	Intensidad	Extensión	Momento	Persistencia	Reversibilidad	Sinergia	Acumulación	Efecto	Periodicidad	Recuperabilidad	Importancia	Valor máximo de importancia
	±	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	RC	Σ	
A1	-	2	2	4	1	1	1	4	4	1	1	-27	100
A2	-	4	2	4	1	1	2	1	4	1	1	-31	100
A6	-	1	2	4	1	1	2	1	4	1	1	-22	100
A7	-	1	2	4	1	1	2	1	4	1	1	-22	100
A11	-	2	2	4	1	1	2	1	4	1	1	-25	100
B1	-	2	2	2	2	1	2	4	4	4	2	-31	100
B2	-	4	4	2	2	1	2	1	4	4	2	-38	100
B3	-	4	8	2	2	1	2	1	4	4	2	-46	100
B6	-	4	8	2	2	1	1	1	4	4	2	-45	100
B7	-	4	4	2	2	1	2	1	4	4	2	-38	100
B11	-	4	2	2	2	1	1	1	4	4	2	-33	100
B12	-	2	4	2	2	1	2	1	4	4	2	-32	100
B13	-	2	4	2	2	1	2	1	4	4	2	-32	100
B15	+	1	2	2	2	1	2	1	4	1	1	21	100
B16	+	2	2	2	2	1	2	1	4	1	1	24	100
B17	+	1	2	2	2	1	2	1	4	1	1	21	100
C1	-	2	2	4	1	1	2	1	4	1	4	-28	100
D1	-	2	2	4	1	1	2	1	4	1	2	-26	100
D2	-	4	4	4	1	1	1	4	4	1	2	-38	100
D5	-	4	2	4	2	1	1	4	4	1	2	-35	100
E1	-	1	2	4	2	2	2	4	4	1	4	-30	100
E2	-	2	2	4	1	1	2	1	4	1	1	-25	100
E15	+	2	2	4	1	1	2	1	4	1	2	26	100
E16	+	2	2	4	1	1	2	1	4	1	2	26	100
E17	+	4	2	4	2	2	4	1	4	1	2	36	100
F3	-	1	1	4	1	4	1	1	4	1	4	-25	100
F15	+	2	2	4	1	1	1	1	4	1	2	25	100

Fuente: Propia

Tabla 5.5.4. Atributos de impactos

IMPACTOS	Atributos de impacto												
	Naturaleza	Intensidad	Extensión	Momento	Persistencia	Reversibilidad	Sinergia	Acumulación	Efecto	Periodicidad	Recuperabilidad	Importancia	Valoración de importancia
	±	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	RC	Σ	
F16	+	2	2	4	1	1	1	1	4	1	2	25	100
F17	+	2	1	4	1	1	1	1	4	1	2	23	100
G5	-	1	1	4	4	1	1	1	4	1	2	-23	100
G15	+	1	1	2	1	1	1	1	4	1	2	18	100
G16	+	1	1	2	1	1	1	1	4	1	2	18	100
G17	+	1	1	2	1	1	4	1	4	1	2	21	100
H11	+	4	8	2	4	4	4	1	4	4	8	59	100
H12	+	4	8	2	4	4	4	1	4	4	8	59	100
H14	+	4	8	2	4	4	4	1	4	4	8	59	100
H15	+	2	8	4	1	1	1	1	4	1	2	37	100
H16	+	2	8	4	1	1	1	1	4	1	2	37	100
H17	+	2	8	4	1	1	4	1	4	1	2	40	100
I2	-	12	8	4	1	1	1	1	4	1	1	-66	100
I3	-	12	8	4	4	4	1	1	4	1	8	-79	100
I6	+	12	8	2	4	4	4	1	4	4	8	83	100
I7	+	12	8	2	4	4	4	1	4	4	8	83	100
I9	+	12	8	2	4	4	4	1	4	4	8	83	100
I12	+	8	8	2	4	4	4	1	4	4	8	71	100
I13	+	12	8	2	4	4	2	1	4	4	8	81	100
I14	+	12	8	2	4	4	2	1	4	4	8	81	100
I15	+	2	2	4	1	1	1	1	4	1	1	24	100
I16	+	2	2	4	1	1	1	1	4	1	2	25	100
I17	+	2	2	4	1	2	2	1	4	1	2	27	100
J4	+	4	8	4	4	4	2	1	4	4	8	59	100
J6	+	4	8	2	4	4	2	1	4	4	2	51	100
J7	+	2	8	2	4	4	1	1	1	4	2	41	100
J8	+	3	8	2	4	1	2	1	1	4	2	42	100
J9	+	4	8	2	4	2	2	1	1	4	2	46	100
J10	+	3	8	2	4	4	2	1	4	4	8	54	100
J11	+	4	8	4	4	4	2	1	4	4	8	59	100
J12	+	3	8	4	4	4	2	1	4	4	8	56	100
J13	+	4	8	4	4	4	2	1	4	4	8	59	100
J14	+	4	8	4	4	4	2	1	4	4	8	59	100

Fuente: Propia

Matriz de magnitud valorizada del impacto (negativo o positivo según su naturaleza).

Tabla 5.5.5. Matriz superpuesta

Factor del medio \ Acción impactante			Demoliciones	Excavación	Acarreo de materiales	Botar tierra sobrante	Sobre acarreo	Cabecera de gaviones	Cabezal de descarga	Sub-drenaje	Relleno de piedra bolón	Fase de operación	Valor de la Alteración	Máximo Valor de la Alteración	Grado de la Alteración
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J			
Aire	Calidad del aire	1	-27	-31	-28	-26	-30						-142	500	-28.40
	Nivel del ruido	2	-31	-38		-38	-25				-66		-198	500	-39.60
Tierra	Tierra y suelo	3		-46				-25			-79		-150	300	-50.00
Agua	Recursos hídricos	4										59	59	100	59.00
Paisaje	Paisaje natural	5				-35			-23				-58	200	-29.00
	Paisaje urbano	6	-22	-45							83	51	67	400	16.75
Territorio	Estructura urbana	7	-22	-38							83	41	64	400	16.00
	Zonas verdes	8										42	42	100	42.00
	Usos del suelo	9									83	46	129	200	64.50
	Equipamiento	10										54	54	100	54.00
	Infraestructura y servicio	11	-25	-33						59		59	60	400	15.00
Humanos	Nivel de vida	12		-32						59	71	56	154	400	38.50
	Seguridad humana	13		-32							81	59	108	300	36.00
	Salud e higiene	14								59	81	59	199	300	66.33
Población	Empleos temporales	15		21			26	25	18	37	24		151	600	25.17
Economía	Ingresos	16		24			26	25	18	37	25		155	600	25.83
	Inversión	17		21			36	23	21	40	27		168	600	28.00
Valor de la Alteración			-127	-229	-28	-99	33	48	34	291	413	526	862		
Máxima Alteración			500	1100	100	300	500	400	400	600	1100	1000		6000	
Grado de Alteración			-25	-20.8	-28	-33	6.6	12	8.5	48.5	37.55	52.6			14.37

Fuente: Propia

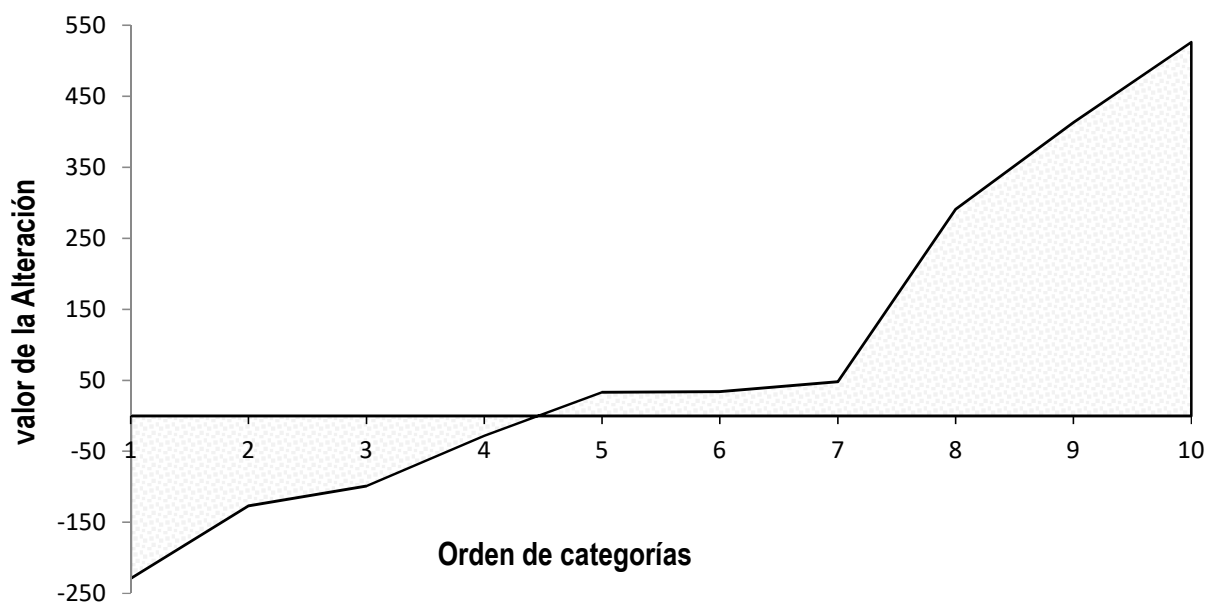
Tabla 5.5.6. Efectos por Etapas del Proyecto

Etapas	Orden de Categoría	Valor de la Alteración	Áreas
Demoliciones	1	-229	-178.00
Excavación	2	-127	-113.00
Acarreo de materiales	3	-99	-63.50
Botar tierra sobrante	4	-28	2.50
Sobre acarreo	5	33	33.50
Cabecera de engavionado	6	34	41.00
Cabezal de descarga	7	48	169.50
Subdrenes	8	291	352.00
Relleno de piedra bolón	9	413	469.50
Fase de operación	10	526	0.00
Suma de Efectos Positivos			1068.00
Suma de Efectos Negativos			-354.50
Suma de Efectos Totales			1422.50
Porcentaje de efectos positivos			0.75

Fuente: Propia

Balance de impactos por etapas

Figura N° 28. Amplitud de las alteraciones medioambientales negativas y positivas



Fuente: Propia

Fueron evaluadas responsablemente todas las acciones que corresponderían a la ejecución del proceso constructivo de la obra hidráulica, a conformidad con el catálogo de etapas y sub etapas vigente del país, se evaluó cada actividad (sub-etapas) como las acciones impactantes a los factores del medio ambiente.

Con todo el proceso de criterio de atributos y cuantificación de las acciones, se produjo una valoración ordenada para demostrar el impacto global en que repercutiría todo el proceso ejecutivo de la obra, produciendo un resultado de negatividad del 25% que lo califica como daños irrelevantes a los diferentes componentes del ecosistema.

5.6. Estimación del costo del proyecto

Tabla 5.6.1. Duración de las actividades por rendimientos

Actividad	UM	Cantidad de obra	Fuerza de trabajo (FT)	Cantidad (FT)	NRH (UM/HR)	Horas a pagar
preliminares						
Excavación estructural (0.30 m x 0.30 m x 80 cm) Talpetate	m³	0.14	Ayudante	1	0.25	0.56
Crear y fundir concreto para zapata (menor de 10 m³)	m³	0.07	Ayudante	1	0.38	0.19
Cortar y soldar marco de rótulo y atornillar pantalla de rótulo	unidad	1	Soldador	1	1	1
Trazo y nivelación	ml	832.76	Topógrafo	1	100	8.33
movimiento de tierra						
Movilización y desmovilización de excavadora CAT 320	km	200	Camión carga desmontable	1	60	3.33
Excavación principal (Talpetate)	m³	5626.83	Excavadora 1.1 m³	1	70	80.38
Cargar tierra sobrante de excavación	m³	7314.88	Cargador frontal (3m³)	1	180	40.64
Botar tierra sobrante de excavación	m³	7314.88	Camiones de volteo 10 m³	4	20	365.74
Cargar material selecto en banco de materiales	m³	1092.31	Cargador frontal (3m³)	1	300	3.64
Acarreo de material selecto	m³	1092.31	Camiones de volteo 10 m³	4	20	54.62
Relleno y compactación de material selecto con máquinas	m³	1092.31	Vibro compactador manual	6	2.2	496.51
Obras de drenaje						
Cargar piedra bolón a camión plataforma a menos de 5 m	m³	948.19	Ayudante	4	0.83	1142.3
Descargar piedra bolón de camión plataforma a 5m	m³	948.19	Ayudante	4	1.66	571.2
Colocar piedra bolón sobre tubería (estrato de 50cm)	m³	134	Ayudante	1	1.67	80.4
Estructurado y colocación de mallas para gaviones	unidad	134	Oficial de obra	1	4	33.5
Llenado con piedra bolón de estructuras de mallas	m³	30.96	Ayudante	6	2	15.48
Movilización y desmovilización de tubería	km	4400	Camión carga desmontable	1	60	73.33

Fuente: Propia

Tabla 5.6.2. Duración de las actividades por rendimientos

Actividad	UM	Cantidad de obra	Fuerza de trabajo (FT)	Cantidad (FT)	NRH (UM/HR)	Horas a pagar
Obras de drenaje						
Colocación de Alcantarillas	unidad	127	Retroexcavadora 420 BL	1	3	42.33
Creación de cabezales de descarga (concreto ciclópeo)	m³	27.41	Oficial de obra	1	0.5	54.82
Creación de curvas principales (concreto ciclópeo)	m³	85.27	Oficial de obra	1	1.5	56.85
Relleno con piedra bolón (lecho filtrante)	m³	948.19	Ayudante	6	1.5	632.13
Andenes						
Preparación de encofrados para andenes	ml	507	Oficial de obra	1	3.72	136.29
Crear y fundir concreto en moldes	m³	7.61	Ayudante	6	1.05	7.24
Cercos en el derecho de vía						
Excavación estructural (0.30 m x 0.30 m x 40 cm) Talpetate	m³	29.66	Ayudante	1	0.4	74.15
Preparación de encofrados	m²	257.05	Oficial de obra	1	8	32.13
Crear y fundir concreto en moldes	m³	29.66	Oficial de obra	1	1.5	19.77
Limpieza Final y entrega						
Limpieza final	m²	5100	Ayudante	6	127.5	40

Fuente: Propia

Las duraciones en horas de las actividades, basadas en los rendimientos de los equipos y la mano de obra, permiten estimar el costo de la obra.

5.6.1. Costos de actividad

Tabla 5.6.3. Rótulo

Preliminares				
Rótulo				
Cantidad de obra:		1.00	unidad	
Mano de obra y equipos empleados				
Descripción	U/M	Cantidad	Costo	Total
Rotulo metálico de 1.22 x 2.44 m	Unidad	1.00	C\$ 5,075.00	C\$ 5,075.00
Goloso p/techo p/broca 2" x 14	Unidad	30.00	C\$ 1.00	C\$ 30.00
Tubo negro redondo 1- 1/2 ch-14	Unidad	2.00	C\$ 600.00	C\$ 1,200.00
Soldadura 6011x1/8"	lb	11.00	C\$ 50.00	C\$ 550.00
Disco abrasivo 9" x 5/64" x 7/8" DeWalt	Unidad	2.00	C\$ 75.00	C\$ 150.00
Albañil	h	1.00	C\$ 42.59	C\$ 42.59
Ayudante	h	0.56	C\$ 35.19	C\$ 19.71
A - Costo total directo:				C\$ 7,067.30
B - Costos indirectos:			5%	C\$ 353.36
C - Administración			5%	C\$ 371.03
D - Utilidades			5%	C\$ 389.58
Costo total de actividad:				C\$ 8,181.28
Costo unitario:				C\$ 8,181.28

Fuente: Propia

Tabla 5.6.4. Trazo y nivelación

Trazo y nivelación				
Cantidad de obra:		928.00	ml	
mano de obra, equipo y materiales empleados para esta actividad				
Descripción	U/M	Cantidad	Costo	Total
Cuartones de pino (2 1/2"x2 ½ "x6vrs)	unidad	40.00	C\$ 100.00	C\$ 4,000.00
Topógrafo	h	6.00	C\$ 125.00	C\$ 750.00
Ayudante de topógrafo	h	6.00	C\$ 35.19	C\$ 211.14
Hacer estacas de madera (ayudante)	h	4.00	C\$ 35.19	C\$ 140.76
A - Costo total directo:				C\$ 5,101.90
B - Costos indirectos:			5%	C\$ 255.10
C - Administración			5%	C\$ 267.85
D - Utilidades			5%	C\$ 281.24
Costo total de actividad:				C\$ 5,906.09
Costo unitario:				C\$ 6.36

Fuente: Propia

Tabla 5.6.5. Movilización y desmovilización de excavadora

Movilización y desmovilización de excavadora				
Cantidad de obra:		200.00	km	
Equipo empleado				
Descripción	U/M	Cantidad	Costo	Total
Camión carga desmontable	h	3.33	C\$ 1,340.00	C\$ 4,466.67
A - Costo total directo:				C\$ 4,466.67
B - Costos indirectos:			5%	C\$ 223.33
C - Administración			5%	C\$ 234.50
D - Utilidades			5%	C\$ 246.23
IR:			2%	C\$ 103.41
IM			1%	C\$ 51.71
Costo total de actividad:				C\$ 5,325.85
Costo unitario:				C\$ 26.63

Fuente: Propia

Tabla 5.6.6. Excavación principal

Movimiento de tierra				
Excavación principal				
Cantidad de obra:		5626.83	m³	
Equipos y mano de obra empleados				
Descripción	U/M	Cantidad	Costo	Total
Excavadora	h	16.00	C\$ 1,340.00	C\$ 21,440.00
Ayudante	h	72.00	C\$ 35.19	C\$ 2,533.68
A - Costo total directo:				C\$ 23,973.68
B - Costos indirectos:			5%	C\$ 1,198.68
C - Administración			5%	C\$ 1,258.62
D - Utilidades			5%	C\$ 1,321.55
Costo total de actividad:				C\$ 27,752.53
Costo unitario:				C\$ 4.93

Fuente: Propia

Tabla 5.6.7. Botar tierra sobrante

Botar tierra sobrante de excavación				
Cantidad de obra:		7314.88	m ³	
Mano de obra y equipos empleados				
Descripción	U/M	Cantidad	Costo	Total
Camión de Volteo de 8m ³	h	365.74	C\$ 837.50	C\$ 306,310.56
Cargadora frontal	h	40.64	C\$ 1,340.00	C\$ 54,455.21
A - Costo total directo:				C\$ 360,765.77
B - Costos indirectos:			5%	C\$ 18,038.29
C - Administración			5%	C\$ 18,940.20
D - Utilidades			5%	C\$ 19,887.21
IR:			2%	C\$ 8,352.63
IM			1%	C\$ 4,176.31
Costo total de actividad:				C\$ 430,160.42
Costo unitario:				C\$ 58.81

Fuente: Propia

Tabla 5.6.8. Acarreo de materiales

Acarreo de materiales				
Cantidad de obra:		1092.31	m ³	
Equipos y materiales				
Descripción	U/M	Cantidad	Costo	Total
Camiones de volteo (8m ³)	h	54.62	C\$ 837.50	C\$ 45,740.57
Material selecto	m ³	1092.31	C\$ 25.00	C\$ 27,307.80
Cargador frontal (3m ³)	h	3.64	C\$ 837.50	C\$ 3,049.37
A - Costo total directo:				C\$ 76,097.74
B - Costos indirectos:			5%	C\$ 3,804.89
C - Administración			5%	C\$ 3,995.13
D - Utilidades			5%	C\$ 4,194.89
Costo total de actividad:				C\$ 88,092.64
Costo unitario:				C\$ 80.65

Fuente: Propia

Tabla 5.6.9. Conformación de suelo selecto

Conformación con suelo selecto y compactación				
Cantidad de obra:		1092.31	m ³	
Mano de obra y equipos empleados				
Descripción	U/M	Cantidad	Costo	Total
Vibro compactadora manual	día	62.06	C\$ 1,340.00	C\$ 83,164.66
Ayudantes	h	496.51	C\$ 35.19	C\$ 17,472.03
A - Costo total directo:				C\$ 100,636.69
B - Costos indirectos:			5%	C\$ 5,031.83
C - Administración			5%	C\$ 5,283.43
D - Utilidades			5%	C\$ 5,547.60
IR:			2%	C\$ 2,329.99
IM			1%	C\$ 1,165.00
Costo total de actividad:				C\$ 119,994.54
Costo unitario:				C\$ 109.85

Fuente: Propia

Tabla 5.6.10. Construcción de gaviones

Obras de drenaje				
Gaviones				
Cantidad de obra:		30.96	m ³	
Mano de obra, equipo y materiales empleados para esta actividad				
Descripción	U/M	Cantidad	Costo	Total
Malla ciclón 6ft x 50m x 3/16	rollo	1.00	C\$ 9,500.00	C\$ 9,500.00
Piedra bolón	(m ³)	30.96	C\$ 600.00	C\$ 18,576.00
Transporte de piedra bolón	h	3.00	C\$ 502.50	C\$ 1,507.50
Albañil	h	33.50	C\$ 42.59	C\$ 1,426.77
Ayudante de albañil	h	15.48	C\$ 35.19	C\$ 544.74
A - Costo total directo:				C\$ 31,555.01
B - Costos Indirectos:			5%	C\$ 1,577.75
C - Administración			5%	C\$ 1,656.64
D - Utilidades			5%	C\$ 1,739.47
Costo total de actividad:				C\$ 36,528.86
Costo unitario:				C\$ 1,179.87

Fuente: Propia

Tabla 5.6.11. Movilización y desmovilización de tubería

Movilización y desmovilización de tubería				
Cantidad de obra:		22.00	Viaje	
Equipos y mano de obra empleados				
Descripción	U/M	Cantidad	Costo	Total
Transporte en Camión 5 ejes	h	73.33	C\$ 1,340.00	C\$ 98,266.67
A - Costo total directo:				C\$ 98,266.67
B - Costos indirectos:			5%	C\$ 4,913.33
C - Administración			5%	C\$ 5,159.00
D - Utilidades			5%	C\$ 5,416.95
Costo total de actividad:				C\$ 113,755.95
Costo unitario:				C\$ 5,170.73

Fuente: Propia

Tabla 5.6.12. Colocación de alcantarillas

Colocación de alcantarillas				
Cantidad de obra:		127.00	unidad	
Mano de obra y equipos empleados				
Descripción	U/M	Cantidad	Costo	Total
Retroexcavadora 420 BL	h	42.33	C\$ 837.50	C\$ 35,454.17
Ayudante	h	42.33	C\$ 35.19	C\$ 1,489.71
Tubería PEAD corrugada ADS, ø 1.5m	unidad	127.00	C\$ 6,700.00	C\$ 850,900.00
Pega PVC Durman (cubeta)	cubeta	3.00	C\$ 3,275.23	C\$ 9,825.69
A - Costo total directo:				C\$ 897,669.57
B - Costos indirectos:			5%	C\$ 44,883.48
C - Administración			5%	C\$ 47,127.65
D - Utilidades			5%	C\$ 49,484.03
Costo total de actividad:				C\$ 1039,164.73
Costo unitario:				C\$ 8,182.40

Fuente: Propia

Tabla 5.6.13. Cabezales de descarga

Cabezales de descarga				
Cantidad de obra:		61.88	m ³	
Mano de obra, equipo y materiales empleados para esta actividad				
Descripción	U/M	Cantidad	Costo	Total
Cemento	Bolsa	153.00	C\$ 315.00	C\$ 48,195.00
Arena	m ³	26.50	C\$ 550.00	C\$ 14,575.00
Piedra bolón	m ³	37.13	C\$ 600.00	C\$ 22,276.08
Transporte de piedra bolón	h	3.70	C\$ 502.50	C\$ 1,859.25
Reglas para visuales de 1*3*5 vrs	unidad	60.00	C\$ 75.00	C\$ 4,500.00
Clavo corriente 2 1/2"	lb	10.00	C\$ 22.50	C\$ 225.00
Mezcladora de concreto de 2 bolsas	días	7.73	C\$ 1,675.00	C\$ 12,955.71
Operador de mezcladora	h	7.73	C\$ 35.19	C\$ 272.19
Oficial	h	54.82	C\$ 42.59	C\$ 2,334.78
Ayudantes de albañil	h	54.82	C\$ 35.19	C\$ 1,929.12
A - Costo total directo:				C\$ 109,122.12
B - Costos indirectos:			5%	C\$ 5,456.11
C - Administración			5%	C\$ 5,728.91
D - Utilidades			5%	C\$ 6,015.36
Costo total de actividad:				C\$ 126,322.50
Costo unitario:				C\$ 2,041.48

Fuente: Propia

Tabla 5.6.14. Curvas principales

Curvas principales				
Cantidad de obra:		51.16	m ³	
Mano de obra, equipo y materiales empleados para esta actividad				
Descripción	U/M	Cantidad	Costo	Total
Cemento	Bolsa	127.00	C\$ 315.00	C\$ 40,005.00
Arena	m ³	21.91	C\$ 550.00	C\$ 12,050.50
Piedra bolón	m ³	30.70	C\$ 600.00	C\$ 18,417.60
Transporte de piedra bolón	h	5.12	C\$ 502.50	C\$ 2,570.79
Reglas para visuales de 1*3*5 vrs	unidad	30.00	C\$ 75.00	C\$ 2,250.00
Clavo corriente 2 1/2"	lb	5.00	C\$ 22.50	C\$ 112.50
Mezcladora de concreto de 2 bolsas	día	51.16	C\$ 1,675.00	C\$ 85,693.00
Operador de mezcladora	h	51.16	C\$ 35.19	C\$ 1,800.32
Oficial	h	56.85	C\$ 42.59	C\$ 2,421.10
Ayudantes de albañil	h	56.85	C\$ 35.19	C\$ 2,000.43
A - Costo total directo:				C\$ 167,321.24
B - Costos indirectos:			5%	C\$ 8,366.06
C - Administración			5%	C\$ 8,784.37
D - Utilidades			5%	C\$ 9,223.58
Costo total de actividad:				C\$ 193,695.26
Costo unitario:				C\$ 3,786.07

Fuente: Propia

Tabla 5.6.15. Relleno con piedra bolón

Relleno de piedra bolón (lecho filtrante)				
Cantidad de obra:		3194.05	m ³	
Mano de obra, equipo y materiales empleados para esta actividad				
Descripción	U/M	Cantidad	Costo	Total
Piedra bolón	m ³	3194.05	C\$ 600.00	C\$ 1916,429.70
Transporte de piedra bolón	h	319.40	C\$ 502.50	C\$ 160,500.99
Ayudantes	h	632.13	C\$ 35.19	C\$ 22,244.48
A - Costo total directo:				C\$ 2099,175.17
B - Costos indirectos:			5%	C\$ 104,958.76
C - Administración			5%	C\$ 110,206.70
D - Utilidades			5%	C\$ 115,717.03
Costo total de actividad:				C\$ 2430,057.65
Costo unitario:				C\$ 760.81

Fuente: Propia

Tabla 5.6.16. Andenes permeables

Cunetas, andenes y bordillos				
Andenes permeables de concreto permeable				
Cantidad de obra:		507.00	ml	
Mano de obra, equipo y materiales empleados para esta actividad				
Descripción	U/M	Cantidad	Costo	Total
Cemento Argos	bolsa	296.00	C\$ 315.00	C\$ 93,240.00
Grava Triturada 3/4"	m ³	450.67	C\$ 550.00	C\$ 247,866.67
Mezcladora de concreto (2 bolsas)	día	76.05	C\$ 1,675.00	C\$ 127,383.75
Reglas de 1"x5"x6vrs	unidad	195.00	C\$ 100.00	C\$ 19,500.00
Clavo corriente 2 1/2"	lb	10.00	C\$ 22.50	C\$ 225.00
Tabla 12 x 1 x 6 vrs	unidad	60.00	C\$ 500.00	C\$ 30,000.00
A - Costo total directo:				C\$ 518,215.42
B - Costos indirectos:			5%	C\$ 25,910.77
C - Administración			5%	C\$ 27,206.31
D - Utilidades			5%	C\$ 28,566.62
Costo total de actividad:				C\$ 599,899.12
Costo unitario:				C\$ 1,183.23

Fuente: Propia

Tabla 5.6.17.Cerco de concreto de derecho peatonal

Cercos de protección de obra				
Barandales de protección de concreto				
Cantidad de obra: (507ml)		202.80	m ³	
Mano de obra, equipo y materiales empleados para esta actividad				
Descripción	U/M	Cantidad	Costo	Total
Cemento	bolsa	64.00	C\$ 315.00	C\$ 20,160.00
Agregado	m ³	77.74	C\$ 550.00	C\$ 42,757.00
Tabla 12"x1"x6vrs	unidad	60.00	C\$ 400.00	C\$ 24,000.00
Clavo corriente 2 1/2"	lb	10.00	C\$ 22.50	C\$ 225.00
Mezcladora de concreto (dos bolsas)	día	1.90	C\$ 1,675.00	C\$ 3,184.59
Oficial	h	51.90	C\$ 42.59	C\$ 2,210.62
Ayudante	h	126.05	C\$ 35.19	C\$ 4,435.86
A - Costo total directo:				C\$ 96,973.07
B - Costos indirectos:			5%	C\$ 4,848.65
C - Administración			5%	C\$ 5,091.09
D - Utilidades			5%	C\$ 5,345.64
Costo total de actividad:				C\$ 112,258.45
Costo unitario:				C\$ 553.54

Fuente: Propia

Tabla 5.6.18. Limpieza final

Limpieza y entrega				
Limpieza final				
Cantidad de obra:		5100.00	m ²	
Mano de obra, equipo y materiales empleados para esta actividad				
Descripción	U/M	Cantidad	Costo	Total
Minicarcadora frontal	h	2.00	C\$ 335.00	C\$ 670.00
Camión plataforma	h	1.00	C\$ 837.50	C\$ 837.50
ayudantes	h	40.00	C\$ 35.19	C\$ 1,407.60
A - Costo total directo:				C\$ 2,915.10
B - Costos indirectos:			5%	C\$ 145.76
C - Administración			5%	C\$ 153.04
D - Utilidades			5%	C\$ 160.69
Costo total de actividad:				C\$ 3,374.59
Costo unitario:				C\$ 0.66

Fuente: Propia

Tabla 5.6.19. Estimación de los alcances ejecutivos

Etapas	Actividades	U/M	Cantidad	Precio Unitario	Costo total
250 00	Preliminares			C\$ 8,214.27	C\$ 19,413.22
250 01	Rótulo	unidad	1.00	C\$ 8,181.28	C\$ 8,181.28
250 02	Trazo y nivelación	ml	928.00	C\$ 6.36	C\$ 5,906.09
250 03	Movilización y desmovilización de excavadora	km	200.00	C\$ 26.63	C\$ 5,325.85
260 00	Movimiento de tierra			C\$ 254.24	C\$ 666,000.13
260 01	Excavación principal	m³	5626.83	C\$ 4.93	C\$ 27,752.53
260 02	Botar tierra sobrante de excavación	m³	7314.88	C\$ 58.81	C\$ 430,160.42
260 03	Acarreo de material selecto	m³	1092.31	C\$ 80.65	C\$ 88,092.64
260 04	Conformación con suelo cemento y compactación	m³	1092.31	C\$ 109.85	C\$ 119,994.54
300 00	Obras de drenaje			C\$ 21,144.74	C\$ 3940,972.12
300 01	Gaviones	m³	30.96	C\$ 1,179.87	C\$ 36,528.86
300 02	Movilización y desmovilización de tubería	Viaje	22.00	C\$ 5,170.73	C\$ 113,755.95
300 03	Colocación de Alcantarillas	unidad	127.00	C\$ 8,182.40	C\$ 1039,164.73
300 04	Cabezales de descarga (concreto ciclópeo)	m³	61.88	C\$ 2,064.86	C\$ 127,769.67
300 05	Canal de transición curvo revestido (concreto ciclópeo)	m³	51.16	C\$ 3,786.07	C\$ 193,695.26
300 06	Relleno de piedra bolón y grava gruesa (lecho filtrante)	m³	3194.05	C\$ 760.81	C\$ 2430,057.65
280 00	Cunetas, andenes y bordillos			C\$ 1,183.23	C\$ 599,899.12
280 01	Andenes de concreto permeable	ml	507.00	C\$ 1,183.23	C\$ 599,899.12
296 00	Cercos en el derecho de vía			C\$ 553.54	C\$ 112,258.45
296 01	Barandales de protección	ml	202.80	C\$ 553.54	C\$ 112,258.45
300 00	Limpieza y entrega			C\$ 0.66	C\$ 3,374.59
300 01	Limpieza final	m²	5100.00	C\$ 0.66	C\$ 3,374.59
Subtotal					C\$ 7059,817.71
Impuestos				15.00%	C\$ 1058,972.66
Total					C\$ 8118,790.36
Ocho millones ciento dieciocho mil setecientos noventa con 36/100					

Fuente: Propia

Tabla 5.6.20. Costo de actividades de equipos

Descripción	Actividad	Horas	Precio/hora	Total
Excavadora CAT 320	Excavación principal	80.38	C\$ 1,340.00	C\$ 107,713.60
Retro Excavadora 420 BL	Regar material de relleno	12.14	C\$ 837.50	C\$ 10,167.25
	Cargar y colocar alcantarillas	42.33	C\$ 837.50	C\$ 35,454.17
Camión carga desmontable estándar	Movilización y desmovilización de excavadora	3.33	C\$ 1,340.00	C\$ 4,466.67
	Trasladar alcantarilla	73.33	C\$ 1,340.00	C\$ 98,266.67
Cargadora frontal	Cargar material en camiones	44.28	C\$ 1,340.00	C\$ 59,334.20
Camiones de volteo de 8 m ³	Trasladar material	420.36	C\$ 837.50	C\$ 352,051.12
Vibro Compactadoras de suelos	Compactar material de relleno	496.51	C\$ 167.50	C\$ 83,164.66
Mezcladora de Concreto de 2 Sacos	Mezclar mortero de cabezales	60.80	C\$ 209.38	C\$ 12,729.16
	Mezclar mortero de canales curvos de transición	1.00	C\$ 209.38	C\$ 209.38
	Mezclar concreto para andenes permeables	1.00	C\$ 209.38	C\$ 209.38
	Mezclar concreto para bordillos	1.00	C\$ 209.38	C\$ 209.38
Camión cisterna de 1,500 galones	Humedecer material de relleno	1.00	C\$ 268.00	C\$ 268.00
Bobcat	Cargar material sobrante en limpieza final	1.00	C\$ 335.00	C\$ 335.00
Camión de 5 Ton.	Transporte de piedra bolón	11.00	C\$ 837.50	C\$ 9,212.50
Total				C\$ 773,791.13

Fuente: Propia

5.6.2. Asignación de recursos

Tabla 5.6.21. Asignación de recurso para el equipo de maquinaria

Descripción	Cantidad	U/M	Precio unitario	Total
Cemento Holcim	344.00	bolsa	C\$ 315.00	C\$ 108,360.00
Cemento Argón	296.00	bolsa	C\$ 315.00	C\$ 93,240.00
Arena Montastepe	48.41	m³	C\$ 550.00	C\$ 26,625.50
Grava 3/4"	2245.86	m³	C\$ 650.00	C\$1459,810.30
Material selecto	1092.31	m³	C\$ 25.00	C\$ 27,307.80
Piedra bolón	948.19	m³	C\$ 600.00	C\$ 568,912.50
Tubo negro redondo 1-1/2" Sch-14	2.00	unidad	C\$ 600.00	C\$ 1,200.00
Soldadura 6011 x 1/8"	11.00	lb	C\$ 50.00	C\$ 550.00
Disco abrasivo 9" x 5/64" x 7/8" DeWalt	2.00	unidad	C\$ 75.00	C\$ 150.00
Goloso punta de broca para techo 2"	30.00	unidad	C\$ 1.00	C\$ 30.00
Rotulo metálico de 1.22 x 2.44 m	1.00	c/u	C\$ 5,075.00	C\$ 5,075.00
Cuartón 2 1/2" x 2 1/2" x 6vrs	40.00	unidad	C\$ 100.00	C\$ 4,000.00
Regla 1" x 3" x 5 vrs	60.00	unidad	C\$ 75.00	C\$ 4,500.00
Malla ciclón 9 ft x 50mx 3/16"	1.00	rollo	C\$ 9,500.00	C\$ 9,500.00
Reglas para encofrado de 1"x5"x6vrs	195.00	unidad	C\$ 100.00	C\$ 19,500.00
Clavo corriente 2 1/2"	35.00	lb	C\$ 22.50	C\$ 787.50
Pega PVC Durman	3.00	cubeta	C\$ 3,275.23	C\$ 9,825.69
Tubería PEAD corrugada ADS, ø 1.5m	127.00	unidad	C\$ 6,700.00	C\$ 850,900.00
Geotela	3949.08	m²	C\$ 268.00	C\$1058,352.10
Tabla 12 x 1 x 6 vrs	60.00	unidad	C\$ 500.00	C\$ 30,000.00
Total				C\$3190,274.29

Fuente: Propia

Conclusiones

De acuerdo a los datos reflejados del levantamiento topográfico y las curvas de nivel mostrados en los planos, se concluye que el terreno del área de ubicación del proyecto, tiene su pendiente en la dirección Suroeste-Nor-oeste, permitiendo el funcionamiento adecuado del sistema de drenaje.

Las secciones transversales dadas al canal (filtro) y al tubo (PEAD), tienen capacidad para conducir el caudal de $9.06 \text{ m}^3/\text{s}$ con período de retorno de 25 años.

De acuerdo a los resultados de los cálculos del diseño hidráulico del sistema de drenaje actual, se propone un sistema de drenaje sostenible (drenaje francés) el cual es capaz de transportar el agua de toda la micro cuenca, mediante el uso de tubería de conducción PEAD de 60" de diámetro, y un estrato de filtro de un metro, este contiene piedra bolón y grava.

El inadecuado uso del suelo y contaminación en la zona habitada que comprende el sistema de drenaje, no es un factor que altere el buen funcionamiento de este, ya que es un tubo cerrado y el filtro tiene la capacidad de retener los sedimentos y basura.

El costo total del proyecto se estimó en **C\$7, 970,514.11** (siete millones, novecientos setenta mil, quinientos catorce córdobas con 11/100 centavos), El financiamiento para la construcción de esta obra social, traerá beneficios a todo el sector del barrio Villa Trinidad. El proyecto mejorará la calidad de vida de los pobladores, disminuirá la proliferación de las enfermedades, generando un mayor desarrollo en dicho barrio.

Recomendaciones

1. La alcaldía municipal deberá trabajar en conjunto con las instituciones del municipio que se relacionan directamente con educación y medio ambiente, para concientizar a la población a través de un programa de educación sobre el buen uso y cuidado del sistema de drenaje pluvial.
2. Desarrollar todas las actividades de ejecución de la obra de drenaje, bajo las normativas de construcción nicaragüenses y la supervisión profesional impuesta por la entidad.
3. No se debe permitir la apertura de excavaciones en el área del sistema de drenaje sin permiso y supervisión de la alcaldía municipal, esto para que el sistema no sufra alteraciones y de igual manera un mal funcionamiento.
4. Se deben realizar operaciones de mantenimiento mínimo cada dos años a todo el sistema de drenaje, con el fin de garantizar una vida útil mayor a la proyectada.

Bibliografía

- (CAT), N. N. (2018). *Catálogo de rendimiento de maquinaria*.
- Ambientales, E. i. (08 de Marzo de 2018). *Envirosoil*. Recuperado el 30 de Mayo de 2019, de Envirosoil: <https://www.envirosoil.es>
- Aponte, P. (2005). *Diagnóstico de riesgo por inundaciones para la ciudad de Campeche*. Campeche: LSBN.
- Bervis, E. (2004). *Guía para el diseño de obras de drenaje en caminos rurales*. Mnagua.
- Chow, V. T. (1994). *Hidrología aplicada*. Santa Fé: McGraw-Hill Interamericana, S.A.
- Díaz, P. (2009). *Una metodología para la gerencia de presupuesto*.
- Díaz, W. C. (2006). *Hidrología*.
- González, J. A. (2008). *Manual de Evaluación de Impacto Ambiental de Proyectos*. Medellin: diretopassei.
- Horacio, H. (30 de noviembre de 2017). *Drenes Filtrantes*. Obtenido de Sud sostenible: <http://sudsostenible.com>
- Isidro, E. m. (2019). *Curvas de intensidad, duración y frecuencia*. San Isidro.
- Kohler, L. y. (1984). *Hidrología para Ingenieros*.
- Luis Angel Sañudo Fontanera, J. R. (2005). *Diseño y Construcción de SDUS*. Recuperado el 04 de Junio de 2019, de Research Gate: <https://www.researchgate.net>
- Mejía, D. I. (2006). *Análisis Hidrológico UNI-RUPAP*.
- México, U. A. (2010). *Manual de Procedimientos Analíticos*. México: Dra. Lourde Flores Delgadillo .
- Mijares, F. J. (1989). *Fundamentos de Hidrología de superficie*. Balderes: LIMUSA,SA.
- Perales, I. A. (2008). *Una Alternativa a la Gestión del Agua de Lluvia*. Valencia: Cno. de Vera.
- Racca, J. M. (01 de Octubre de 2007). *Anàlisis hipsomètrico, frecuencias altimètricas y pendientes medias a partir de modelos digitales del terreno*. Obtenido de CORE: <https://core.ac.uk>
- RAE. (21 de Octubre de 2015). *Diccionario de la lengua española*. Recuperado el 30 de Mayo de 2019, de Diccionario de la lengua española: <https://dle.rae.es>

- Rojó, J. (s.f.). *Estudio hidrológico e hidráulico para diseño de puentes*. Obtenido de Recursos hidráulicos: <https://julianrojo.weebly.com>
- Schumm, (1956). *Scientific Research*. Obtenido de Scientific Research: <https://www.scirp.org>
- Segura, C. A. (2016). *Repositorio Institucional*. Obtenido de Repositorio Institucional: <http://repository.udistrital.edu.co>
- Strahler. (1952). *Análisis cuantitativo de la geomorfología de cuenca*. TR038i006p00913.
- Termiser, Administración. (2017). *Levantamiento topográfico*.
- Torreti, I. (2018). *Cámara nicaraguense de la Construcción*. Managua.
- TYCONSA. (2018). *Ficha técnica PEAD-ADS*. México.
- Vicente, C. (1993). *Evaluación de impacto ambiental*. MUNDI-PRENSA .

ANEXOS

ANEXO I: Condición actual del barrio Villa Trinidad



Tramo I: Pendiente no mayor a 1%, ésta es la tendencia que ahora toma el agua por causa de las obstrucciones en la natural; luego de las escorrentías se presenta encharcamientos porque no es un canal de pendiente uniforme, o revestido con un coeficiente de Manning que no resista la conducción y reduzca la velocidad a cero.



Tramo II: Ésta línea Tiene 1% adicional respecto del tramo anterior, pero aún no evita encharcamientos; el sistema de filtro-cauce tomará esta trayectoria, se suprimirá completamente los encharcamientos y la conducción del agua será sin resistencia.

ANEXO II: Tablas para presupuestar el costo de la obra

Lista de precios para la mano de obra de la cámara nicaragüense de la construcción CNC (Vigente desde octubre de 2018)

Anexo 1. Salario de ayudantes

SALARIO POR UNIDAD DE TIEMPO (AYUDANTES)			
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UM	PRECIO C\$
AYG-500	Tiempo ordinario ayudante	hora	35.19
AYG-501	Tiempo lluvia ayudante	hora	35.19
AYG-502	Tiempo adicional ayudantes	hora	52.79
AYG-503	Tiempo de fresco y salida de ayudantes	hora	35.19
AYG-504	Tiempo feriado ayudantes	hora	35.19
AYG-505	Tiempo permiso al INSS ayudantes	hora	35.19
AYG-506	Tiempos extraordinarios ayudantes	hora	70.39
AYG-507	Tiempo excepcional ayudantes	hora	35.19

Fuente:(Torreti, 2018)

Anexo 2. Salario de albañiles

SALARIO POR UNIDAD DE TIEMPO (ALBAÑILES)			
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UM	PRECIO C\$
CAR-500	Tiempo ordinario albañiles	hora	42.59
CAR-501	Tiempo lluvia albañiles	hora	42.59
CAR-502	Tiempo adicional albañiles	hora	63.89
CAR-503	Tiempo de fresco y salida albañiles	hora	42.59
CAR-504	Tiempo feriados albañiles	hora	42.59
CAR-505	Tiempo permiso al INSS albañiles	hora	42.59
CAR-506	Tiempo extraordinarios albañiles	hora	85.18
CAR-507	Tiempo excepcional albañiles (atraso de materiales)	hora	42.59

Fuente:(Torreti, 2018)

Anexo 3. Salario de armadores

SALARIO POR UNIDAD DE TIEMPO (ARMADORES)			
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UM	PRECIO C\$
ARM-500	Tiempo ordinario armadores	hora	42.59
ARM-501	Tiempo lluvia armadores	hora	42.59
ARM-502	Tiempo adicional armadores	hora	63.59
ARM-503	Tiempo de fresco y salida armadores	hora	42.59
ARM-504	Tiempo feriado armadores	hora	42.59
ARM-505	Tiempo permiso al INSS armadores	hora	42.59
ARM-506	Tiempo extraordinario armadores	hora	85.18
ARM-507	Tiempo excepcional armadores (atraso de materiales)	hora	42.59

Fuente:(Torreti, 2018)

Anexo 4. Salario de carpinteros

SALARIO POR UNIDAD DE TIEMPO (CARPINTEROS)			
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UM	PRECIO C\$
CAR-500	Tiempo ordinario carpinteros	hora	42.59
CAR-501	Tiempo lluvia carpinteros	hora	42.59
CAR-502	Tiempo adicional carpinteros	hora	63.89
CAR-503	Tiempo de fresco y salida carpinteros	hora	42.59
CAR-504	Tiempo feriados carpinteros	hora	42.59
CAR-505	Tiempo permiso al INSS carpinteros	hora	42.59
CAR-506	Tiempo extraordinarios carpinteros	hora	85.18
CAR-507	Tiempo excepcional carpinteros (atraso de materiales)	hora	42.59

Fuente:(Torreti, 2018)

Anexo 5. Rendimiento de equipos de construcción

Descripción	UM	Rendimiento
Camión 5 ejes	km / hora	60.00
Excavadora CAT 225 (1.10 m³)	m³ / hora	70.00
Cargador frontal	m³ / hora	300.00
Camiones de volteo de 10 m³	m³.km / hora	20.00
Compactador manual de Impacto	m³ / hora	2.20
Camión de 5 Ton.	m³.km / hora	10.00
Retroexcavadora 420 BL	m³ / hora	15.00
Mezcladora de Concreto de 2 Sacos	bolsas / hora	12.00
Camión cisterna de 1,500 galones	L / hora	2500.00
Bobcat (mini cargador)	m³ / hora	75.00

Fuente: ((CAT), 2018)

Anexo 6. Levantamiento topográfico

Nº	Coord. X	Coord. Y	Elev.	Nº	Coord. X	Coord. Y	Elev.	Nº	Coord. X	Coord. Y	Elev.
1	-1308.30	209.63	0.04	38	-1242.67	103.58	-1.93	75	-1118.81	6.30	-3.58
2	-1307.18	210.85	0.32	39	-1241.47	109.87	-1.84	76	-1103.15	-6.08	-3.38
3	-1309.43	207.75	0.14	40	-1231.40	91.56	-2.08	77	-1102.68	-5.38	-3.10
4	-1296.49	188.82	0.10	41	-1056.71	55.00	0.00	78	-1101.96	-4.55	-3.05
5	-1294.68	197.38	-0.03	42	-1087.97	0.00	0.00	79	-1105.64	-14.90	-3.50
6	-1289.95	184.65	-0.21	43	-1098.91	-16.04	0.00	80	-1099.15	-15.91	-3.43
7	-1291.10	183.75	-0.09	44	-1079.83	17.88	0.00	81	-1099.16	-15.92	-3.43
8	-1288.20	184.02	0.03	45	-1369.15	283.10	1.90	82	-1088.14	0.10	-2.93
9	-1288.05	178.45	-0.42	46	-1367.63	275.00	1.79	83	-1056.71	55.00	0.00
10	-1290.19	178.14	-0.27	47	-1365.18	266.58	2.06	84	-1080.62	16.82	-2.40
11	-1287.01	178.65	-0.31	48	-1364.84	266.18	2.09	85	-1080.76	16.89	-2.39
12	-1288.33	168.87	-0.65	49	-1363.48	278.37	2.31	86	-1080.86	16.93	-2.54
13	-1286.11	169.98	-0.46	50	-1315.33	215.65	0.13	87	-1081.12	17.09	-2.53
14	-1290.41	168.66	-0.61	51	-1324.69	219.05	0.58	88	-1101.27	-5.05	-3.02
15	-1280.81	161.41	-0.81	52	-1324.86	218.66	0.33	89	-1102.91	-10.48	-3.45
16	-1278.95	162.17	-0.76	53	-1314.31	216.26	0.23	90	-1099.58	-15.63	-3.55
17	-1282.94	159.92	-0.58	54	-1316.09	214.02	0.22	91	-1099.30	-15.74	-3.56
18	-1276.44	156.93	-0.93	55	-1230.32	92.88	-2.21	92	-1099.21	-15.84	-3.42
19	-1274.17	158.28	-0.71	56	-1229.67	93.52	-2.30	93	-1099.08	-15.88	-3.43
20	-1278.46	155.75	-0.65	57	-1215.67	79.01	-2.27	94	-1099.38	-16.22	-3.57
21	-1271.54	150.68	-1.24	58	-1213.63	80.93	-2.54	95	-1099.63	-16.35	-3.59
22	-1273.05	149.88	-0.92	59	-1201.72	68.02	-2.58	96	-1113.09	-27.50	-3.85
23	-1269.47	152.10	-0.96	60	-1199.77	69.96	-2.83	97	-1115.86	-32.35	-3.84
24	-1265.91	145.42	-1.65	61	-1188.42	57.00	-2.81	98	-1113.47	-33.75	-3.96
25	-1267.54	144.14	-1.27	62	-1173.77	45.71	-3.05	99	-1121.97	-49.54	-4.04
26	-1264.09	147.03	-1.28	63	-1171.90	48.05	-3.29	100	-1125.03	-48.04	-4.10
27	-1260.53	141.22	-1.61	64	-1159.82	34.90	-3.26	101	-1134.03	-69.61	-4.19
28	-1258.84	143.06	-1.32	65	-1157.71	37.15	-3.54	102	-1137.00	-68.45	-4.14
29	-1261.97	139.04	-1.19	66	-1144.45	22.84	-3.29	103	-1146.73	-92.28	-4.42
30	-1256.00	137.60	-1.63	67	-1142.80	25.24	-3.51	104	-1149.91	-90.46	-4.42
31	-1257.45	136.04	-1.47	68	-1129.74	12.06	-3.45	105	-1146.06	-90.32	-4.38
32	-1253.27	108.89	-1.67	69	-1128.46	14.04	-3.56	106	-1150.33	-90.92	-4.44
33	-1238.53	102.79	-1.86	70	-1114.72	-0.32	-3.37	107	-1154.88	-96.11	-4.46
34	-1253.02	106.50	-1.66	71	-1113.24	1.66	-3.48	108	-1152.19	-93.58	-4.46
35	-1248.36	104.46	-1.74	72	-1101.10	-8.45	-3.37	109	-1164.65	-114.47	-4.65
36	-1247.96	106.61	-1.71	73	-1117.84	7.97	-3.42	110	-1175.60	-133.30	-4.95
37	-1244.28	102.22	-1.83	74	-1118.35	6.87	-3.31	111	-1177.40	-136.18	-4.93

Fuente: Propia

Anexo 7. Levantamiento topográfico

112	-1179.08	-139.45	-4.92	153	-1290.47	-341.20	-6.02	194	-1252.96	115.34	-1.57
113	-1205.60	-184.31	-5.41	154	-1287.93	-336.92	-6.04	195	-1257.70	124.07	-1.36
114	-1203.44	-181.04	-5.37	155	-1291.06	-334.57	-6.08	196	-1262.58	132.58	-1.29
115	-1200.83	-177.19	-5.39	156	-1293.49	-338.90	-6.06	197	-1267.45	141.80	-1.18
116	-1189.81	-165.31	-5.00	157	-1294.18	-338.67	-6.39	198	-1272.32	150.27	-1.23
117	-1207.06	-183.01	-5.46	158	-1292.04	-333.52	-6.34	199	-1276.95	159.00	-0.87
118	-1192.29	-163.77	-5.19	159	-1292.67	-332.98	-6.18	200	-1281.94	167.74	-0.63
119	-1206.53	-186.57	-5.50	160	-1292.68	-336.12	-6.27	201	-1286.94	176.47	-0.31
120	-1216.51	-203.17	-5.69	161	-1292.39	-330.55	-6.34	202	-1291.42	182.32	0.40
121	-1228.66	-223.36	-5.87	162	-1289.81	-335.55	-6.07	203	-1294.17	186.60	0.59
122	-1233.25	-233.62	-5.90	163	-1287.54	-330.77	-6.18	204	-1299.95	194.26	0.16
123	-1229.50	-233.02	-5.76	164	-1284.64	-325.86	-6.18	205	-1306.24	202.16	0.19
124	-1225.78	-225.49	-5.69	165	-1282.41	-321.29	-6.17	206	-1312.71	210.07	0.22
125	-1227.87	-221.71	-5.84	166	-1198.97	71.09	-2.40	207	-1318.67	218.02	0.62
126	-1230.33	-222.96	-5.91	167	-1186.47	59.51	-2.93	208	-1324.68	225.87	0.49
127	-1231.04	-226.06	-5.82	168	-1185.47	60.52	-2.71	209	-1330.93	233.84	1.12
128	-1232.98	-228.93	-5.92	169	-1170.64	49.97	-3.33	210	-1337.05	241.63	1.25
129	-1243.94	-256.63	-5.84	170	-1157.07	38.24	-3.15	211	-1343.25	249.59	1.47
130	-1247.01	-254.76	-6.13	171	-1141.82	26.27	-3.16	212	-1349.30	257.69	1.67
131	-1253.42	-271.92	-5.91	172	-1127.52	15.05	-3.28	213	-1355.67	265.39	1.77
132	-1257.20	-268.91	-6.04	173	-1112.04	2.90	-3.27	214	-1361.36	273.30	1.70
133	-1258.64	-274.27	-6.11	174	-1157.93	-95.24	-4.37	215	-1250.40	111.08	-1.62
134	-1253.56	-265.22	-6.10	175	-1168.24	-112.49	-4.50	216	-1255.13	119.71	-1.41
135	-1263.95	-284.15	-6.33	176	-1179.14	-130.74	-4.97	217	-1259.83	128.44	-1.31
136	-1266.86	-289.03	-6.36	177	-1153.02	-88.85	-4.41	218	-1264.71	137.17	-1.22
137	-1266.37	-289.49	-5.99	178	-1138.36	-67.39	-4.15	219	-1270.10	145.91	-0.97
138	-1267.44	-288.89	-5.96	179	-1183.07	-138.40	-4.99	220	-1274.76	154.64	-0.94
139	-1267.66	-289.91	-5.97	180	-1196.17	-161.20	-4.90	221	-1279.63	163.64	-0.69
140	-1265.84	-290.91	-5.97	181	-1204.18	-175.15	-5.13	222	-1284.50	172.27	-0.39
141	-1281.44	-312.59	-6.08	182	-1208.82	-183.48	-5.36	223	-1289.73	180.47	-0.17
142	-1279.74	-313.71	-6.08	183	-1219.18	-201.33	-5.50	224	-1297.23	190.67	0.26
143	-1283.76	-316.38	-6.48	184	-1230.63	-221.09	-5.81	225	-1303.36	198.40	0.33
144	-1279.01	-308.54	-6.50	185	-1234.66	-227.93	-5.80	226	-1309.49	205.91	0.28
145	-1278.32	-314.97	-6.09	186	-1248.78	-253.84	-5.94	227	-1315.47	214.02	0.19
146	-1284.14	-331.36	-6.31	187	-1260.22	-271.81	-5.97	228	-1321.85	221.88	0.67
147	-1284.75	-332.65	-6.32	188	-1255.77	-264.58	-6.13	229	-1327.93	229.83	0.81
148	-1285.35	-334.74	-6.36	189	-1269.82	-288.05	-5.96	230	-1333.90	237.73	1.19
149	-1285.59	-336.26	-6.40	190	-1281.82	-308.34	-5.98	231	-1340.06	245.63	1.33
150	-1285.77	-337.41	-6.45	191	-1286.24	-315.71	-6.03	232	-1346.03	253.54	1.61
151	-1288.02	-339.90	-7.27	192	-1295.33	-330.46	-6.12	233	-1352.39	261.42	1.64
152	-1289.79	-342.87	-6.39	193	-1100.46	-6.17	-3.21	234	-1358.49	269.17	1.66

Fuente: Propia

Anexo 8. Levantamiento topográfico

235	-1364.62	277.15	1.77	276	-1266.36	136.07	-1.03	317	-1212.74	81.92	-2.17
236	-1257.82	114.95	-1.67	277	-1268.01	135.63	-1.09	318	-1352.39	255.73	1.69
237	-1367.26	288.98	2.32	278	-1272.72	140.72	-0.96	319	-1347.05	259.79	2.30
238	-1367.88	284.64	2.08	279	-1263.81	131.47	-1.36	320	-1349.92	251.25	1.45
239	-1370.68	281.25	1.94	280	-1260.95	133.59	-1.34	321	-1343.48	255.72	2.23
240	-1366.10	275.77	1.94	281	-1259.28	134.91	-1.38	322	-1346.24	247.46	1.39
241	-1359.72	275.14	2.36	282	-1265.54	131.32	-1.33	323	-1340.76	251.81	2.02
242	-1363.41	271.77	1.81	283	-1264.14	126.30	-1.36	324	-1344.71	248.60	1.66
243	-1365.94	282.38	2.15	284	-1261.77	127.12	-1.34	325	-1341.88	250.61	1.96
244	-1369.34	279.20	1.91	285	-1257.49	129.63	-1.37	326	-1348.18	252.62	1.86
245	-1356.75	271.04	2.15	286	-1256.15	131.62	-1.31	327	-1344.89	254.62	2.10
246	-1360.86	267.77	1.73	287	-1255.72	124.92	-1.39	328	-1350.87	256.60	1.96
247	-1357.67	263.45	1.81	288	-1253.78	126.99	-1.40	329	-1348.16	258.90	2.15
248	-1353.15	267.29	2.24	289	-1260.30	122.76	-1.38	330	-1353.59	260.50	1.91
249	-1355.04	259.34	1.74	290	-1253.64	120.98	-1.44	331	-1351.06	262.64	2.07
250	-1349.84	263.62	2.15	291	-1251.17	121.63	-1.47	332	-1342.32	244.19	1.46
251	-1285.02	177.28	-0.16	292	-1257.17	119.15	-1.47	333	-1340.95	244.81	1.35
252	-1282.50	176.24	0.03	293	-1250.91	116.39	-1.59	334	-1338.67	246.41	1.55
253	-1283.41	179.47	0.13	294	-1248.52	117.87	-1.63	335	-1337.74	247.45	1.87
254	-1282.17	173.14	-0.08	295	-1256.77	112.27	-1.69	336	-1339.29	239.73	1.39
255	-1280.79	174.08	0.11	296	-1246.46	108.69	-1.74	337	-1338.18	240.64	1.42
256	-1280.71	168.95	-0.33	297	-1250.76	106.76	-1.68	338	-1335.76	242.87	1.56
257	-1279.38	170.56	-0.29	298	-1246.35	111.66	-1.72	339	-1334.36	243.95	1.61
258	-1284.57	165.14	-0.21	299	-1248.03	112.46	-1.69	340	-1336.73	235.52	1.30
259	-1277.48	164.97	-0.57	300	-1252.14	110.08	-1.65	341	-1335.32	236.59	1.35
260	-1277.93	167.50	-0.41	301	-1253.61	111.63	-1.60	342	-1332.64	239.33	1.27
261	-1274.78	160.25	-0.64	302	-1353.75	270.52	2.31	343	-1331.44	240.51	1.50
262	-1276.68	162.19	-0.56	303	-1358.43	273.12	2.24	344	-1327.85	236.58	1.19
263	-1275.59	165.76	-0.43	304	-1361.03	278.22	2.26	345	-1329.20	235.35	1.16
264	-1273.83	162.19	-0.61	305	-1363.73	281.39	2.46	346	-1332.45	232.71	0.97
265	-1271.69	158.44	-0.71	306	-1366.40	285.66	2.39	347	-1334.14	231.42	0.90
266	-1281.73	157.17	-0.55	307	-1364.79	283.89	2.45	348	-1330.03	227.23	0.55
267	-1277.78	152.62	-0.75	308	-1350.98	265.78	2.13	349	-1329.06	228.49	0.60
268	-1271.22	156.10	-0.86	309	-1242.15	102.04	-1.98	350	-1326.65	230.52	0.83
269	-1274.77	149.55	-0.82	310	-1240.31	105.02	-1.98	351	-1325.49	231.66	0.86
270	-1271.77	144.52	-0.95	311	-1372.66	286.02	2.09	352	-1324.41	232.67	0.93
271	-1264.84	149.57	-1.12	312	-1370.63	290.96	2.01	353	-1328.41	222.41	0.42
272	-1274.05	143.85	-0.89	313	-1368.22	292.79	2.46	354	-1326.56	224.30	0.47
273	-1269.35	140.56	-0.95	314	-1373.69	290.68	2.16	355	-1323.45	227.41	0.59
274	-1270.49	139.08	-0.98	315	-1238.50	102.12	-1.88	356	-1321.88	229.93	0.84
275	-1265.75	142.50	-1.15	316	-1228.92	94.61	-2.02	357	-1323.38	220.50	0.51

Fuente: Propia

Anexo 9. Levantamiento topográfico

358	-1320.22	223.87	0.71	378	-1308.49	200.56	0.21	398	-1289.51	183.23	-0.29
359	-1318.65	225.54	1.04	379	-1304.11	204.01	0.21	399	-1292.38	181.03	0.31
360	-1319.77	216.90	0.06	380	-1301.94	205.36	-0.02	400	-1293.86	179.61	0.20
361	-1320.84	215.88	0.05	381	-1307.34	194.23	0.23	401	-1286.83	179.72	0.04
362	-1322.28	214.58	0.47	382	-1304.82	196.38	0.26	402	-1285.56	180.95	0.37
363	-1317.17	219.29	0.71	383	-1301.93	200.02	0.23	403	-1289.22	177.18	-0.29
364	-1315.37	220.98	0.85	384	-1300.00	201.12	0.16	404	-1290.23	176.10	-0.07
365	-1312.45	216.71	0.34	385	-1298.51	195.93	0.12	405	-1107.10	-7.22	-3.46
366	-1313.98	215.32	0.09	386	-1296.75	197.79	0.10	406	-1103.02	-16.70	-3.52
367	-1316.76	212.76	0.23	387	-1301.81	192.98	0.19	407	-1112.04	-28.90	-3.88
368	-1318.35	211.78	0.29	388	-1303.99	190.89	0.15	408	-1221.72	-383.23	-7.98
369	-1309.60	212.68	0.35	389	-1298.74	189.51	0.21	409	-1219.34	-378.32	-7.82
370	-1311.10	211.42	0.06	390	-1300.31	188.00	0.23	410	-1222.96	-388.25	-7.76
371	-1313.80	209.02	0.24	391	-1295.10	191.84	0.08	411	-1239.24	-371.75	-7.85
372	-1315.32	207.83	0.26	392	-1293.62	193.55	0.07	412	-1248.36	-370.97	-7.78
373	-1306.80	208.62	0.02	393	-1295.78	184.96	0.37	413	-1239.81	-365.68	-7.64
374	-1308.20	207.59	0.10	394	-1297.19	183.75	0.32	414	-1240.47	-376.34	-7.72
375	-1311.26	205.23	0.26	395	-1292.37	187.96	0.17	415	-1266.73	-358.47	-7.63
376	-1312.93	203.81	0.24	396	-1290.92	189.27	-0.13	416	-1264.89	-354.96	-7.57
377	-1310.69	198.84	0.18	397	-1367.60	281.09	1.95	417	-1261.46	-352.32	-7.55

Fuente: Propia

Los puntos especificados son geodésicos, tres para asegurarlos contra asentamientos del suelo.

Anexo 10. Intensidades máximas de lluvia, para diferentes duraciones

t(min)	T = 50 (años)	T = 25 (años)	T = 15 (años)	T = 10 (años)	T = 5 (años)	T = 1.5 (años)
5	185.3	173.78	165.77	159.82	151.23	152.59
7.5	174.2	162.59	154.37	148.1	138.36	129.12
10	164.36	152.76	144.43	137.97	127.52	111.9
12.5	155.56	144.05	135.69	129.14	118.25	98.74
15	147.67	136.27	127.95	121.38	110.23	88.34
17.5	140.53	129.3	121.05	114.49	103.24	79.93
20	134.05	123	114.85	108.35	97.08	72.98
22.5	128.15	117.29	109.26	102.83	91.61	67.14
25	122.74	112.08	104.18	97.84	86.72	62.17
27.5	117.77	107.32	99.56	93.32	82.33	57.88
30	113.19	102.94	95.33	89.19	78.37	54.15
32.5	108.95	98.91	91.44	85.42	74.77	50.86
35	105.01	95.18	87.86	81.95	71.48	47.96
37.5	101.35	91.73	84.55	78.75	68.47	45.36
40	97.94	88.51	81.48	75.79	65.71	43.04
42.5	94.75	85.51	78.62	73.05	63.15	40.94
45	91.76	82.71	75.96	70.5	60.79	39.03
47.5	88.95	80.09	73.47	68.12	58.6	37.3
50	86.31	77.63	71.14	65.9	56.57	35.71
52.5	83.83	75.31	68.96	63.81	54.66	34.26
55	81.48	73.13	66.9	61.86	52.89	32.91
57.5	79.26	71.07	64.96	60.02	51.22	31.67
60	77.16	69.13	63.13	58.28	49.66	30.52
62.5	75.16	67.29	61.41	56.65	48.19	29.45
65	73.27	65.54	59.77	55.1	46.8	28.45
67.5	71.47	63.88	58.22	53.64	45.49	27.52
70	69.75	62.31	56.75	52.25	44.25	26.64
72.5	68.12	60.81	55.35	50.93	43.08	25.82
75	66.56	59.38	54.01	49.68	41.97	25.05
77.5	65.07	58.01	52.74	48.48	40.91	24.33
80	63.65	56.71	51.53	47.35	39.91	23.64
82.5	62.28	55.46	50.37	46.26	38.95	22.99
85	60.98	54.27	49.27	45.22	38.04	22.38
87.5	59.73	53.13	48.21	44.23	37.17	21.8
90	58.52	52.04	47.19	43.28	36.34	21.25

Fuente:(Isidro, 2019)

Anexo 11. Intensidades máximas de lluvia, para diferentes duraciones

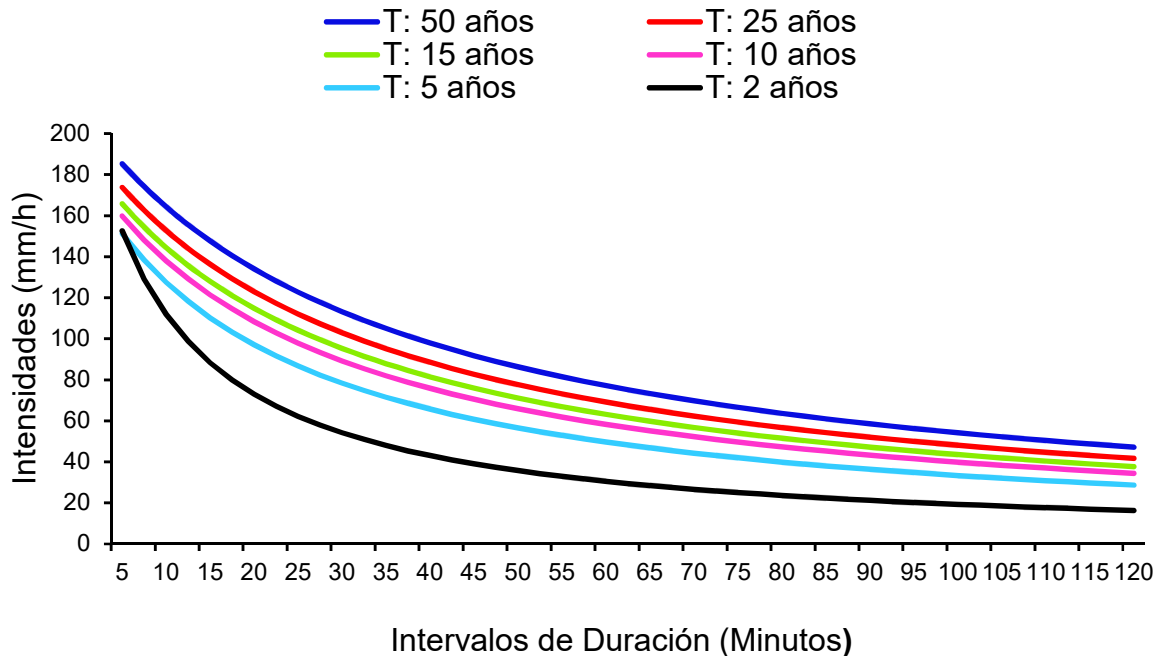
t(min)	T = 50 (años)	T = 25 (años)	T = 15 (años)	T = 10 (años)	T = 5 (años)	T = 1.5 (años)
92.5	57.37	50.99	46.22	42.38	35.55	20.72
95	56.26	49.98	45.29	41.5	34.79	20.22
97.5	55.19	49.01	44.39	40.67	34.06	19.75
100	54.16	48.07	43.53	39.86	33.36	19.29
102.5	53.17	47.18	42.7	39.09	32.69	18.86
105	52.22	46.31	41.9	38.35	32.05	18.45
107.5	51.3	45.48	41.14	37.63	31.43	18.05
110	50.41	44.67	40.4	36.95	30.83	17.67
112.5	49.55	43.9	39.68	36.28	30.26	17.3
115	48.72	43.15	38.99	35.64	29.71	16.95
117.5	47.92	42.42	38.33	35.02	29.17	16.62
120	47.14	41.72	37.68	34.42	28.66	16.3

Fuente:(Isidro, 2019)

Los valores presentados de las intensidades (medidos en mm/h) son los de la lluvia maxima que se registró desde 1970 hasta 1999; dentro de cada intervalo de tiempo o período T (en años) las duraciones de las lluvias máximas fueron siempre por debajo de las dos horas.

$$I = \frac{A}{(T + d)^b}$$

Función de ajuste para curvas IDF, de la distribución probabilística de etremos de Gumbell



Curvas de intensidad, duración y frecuencia de lluvias, o curvas I-D-F de la estación de datos de lluvias de San Isidro.

Anexo 12. Rendimientos para la mano de obra nicaragüense (catálogo de rendimientos horarios)

Actividad	U/M	NTH (HRS/UM)	NRH (UM/HRS)	NR8 (UM/DÍA)
preliminares				
Excavación estructural (0.30 m x 0.30 m x 80 cm)	m³	4	0.25	2
Crear y fundir concreto para zapata (menor de 10 m³)	m³	2.667	0.38	3
Cortar, soldar marco de rótulo y atornillar su pantalla	unidad	1	1	8
Trazo y nivelación	ml	0.01	100	800
movimiento de tierra				
Movilización y desmovilización de excavadora CAT 320	km	0.017	60	
Excavación principal (Talpetate)	m³	0.014	70	560
Cargar tierra sobrante de excavación	m³	0.006	180	1440
Botar tierra sobrante de excavación	m³	0.05	20	160
Cargar material selecto en banco de materiales	m³	0.003	300	2400
Acarreo de material selecto	m³	0.05	20	160
Relleno y compactación de material selecto	m³	0.455	2.2	17.6
Obras de drenaje				
Cargar piedra bolón a camión plataforma a 5 m	m³	1.205	0.83	6.64
Descargar piedra bolón de camión plataforma a 5m	m³	0.602	1.66	13.28
Colocar piedra bolón sobre tubería (estrato de 50cm)	m³	0.6	1.67	13.33
Estructurado y colocación de mallas para gaviones	unidad	0.25	4	32
Llenado con piedra bolón de estructuras de mallas	m³	0.5	2	16
Movilización y desmovilización de tubería	km	0.017	60	480
Colocación de Alcantarillas	unidad	0.333	3	24
Creación de cabezales de descarga (concreto ciclópeo)	m³	2	0.5	4
Creación de curvas principales (concreto ciclópeo)	m³	0.667	1.5	12
Relleno con piedra bolón (lecho filtrante)	m³	0.667	1.5	12
Andenes				
Preparación de encofrados para andenes	ml	0.269	3.72	29.76
Crear y fundir concreto en moldes	m³	0.952	1.05	8.4
Cercos en el derecho de vía				
Excavación estructural (0.30 m x 0.30 m x 40 cm) Talpetate	m³	2.5	0.4	3.2
Preparación de encofrados	m²	0.125	8	64
Crear y fundir concreto en moldes	m³	0.667	1.5	12
Limpieza Final y entrega				
Limpieza final	m²	0.008	127.5	1020

Fuente: Propia

NTH: (Norma de tiempo horaria) es la cantidad en horas que dilata hacer una unidad una actividad.

NRH: (Norma de rendimiento horaria) es la cantidad de obra que se hace en una hora.

NR8: (Norma de rendimiento diario) es la razón de la cantidad de actividad realizada en ocho horas.

FT: (fuerza de trabajo: Equipo y Mano de obra) es el tipo de instrumento que se utiliza para hacer una actividades.

Anexo 13. Precio por hora de los equipos para la obra

Descripción del equipo	Precio (hora)	Tasa de cambio	Precio (hora)	Renta Día
Camión carga desmontable estándar	\$ 40.00	33.50	C\$ 1,340.00	C\$ 10,720.00
Excavadora (1.10 m³)	\$ 40.00	33.50	C\$ 1,340.00	C\$ 10,720.00
Cargador frontal (3m³)	\$ 40.00	33.50	C\$ 1,340.00	C\$ 10,720.00
Camiones de volteo (10 m³)	\$ 25.00	33.50	C\$ 837.50	C\$ 6,700.00
Vibro Compactadora manual	\$ 5.00	33.50	C\$ 167.50	C\$ 1,340.00
Camión plataforma (5 Ton.)	\$ 25.00	33.50	C\$ 837.50	C\$ 6,700.00
Retroexcavadora 420 BL	\$ 25.00	33.50	C\$ 837.50	C\$ 6,700.00
Mezcladora de Concreto de 2 Sacos	\$ 6.25	33.50	C\$ 209.38	C\$ 1,675.00
Camión cisterna de 1,500 galones	\$ 8.00	33.50	C\$ 268.00	C\$ 2,144.00
Bobcat	\$ 10.00	33.50	C\$ 335.00	C\$ 2,680.00

Fuente: ((CAT), 2018)

Los precios horarios no incluyen el transporte del equipo hasta la obra, son los valores nominales basados en las publicaciones oficiales de renta horaria de equipos de INVASA para el 2019.

Anexo 14. Rendimiento del equipo empleado

Descripción	U/M	Rendimiento
Camión carga desmontable estándar	km / hora	60.00
Excavadora (1.10 m³)	m³ / hora	70.00
Cargador frontal (3m³)	m³ / hora	300.00
Camiones de volteo (10 m³)	m³·km / hora	20.00
Vibro Compactadora manual	m³ / hora	2.20
Camión plataforma (5 Ton.)	m³·km / hora	10.00
Retroexcavadora 420 BL	m³ / hora	15.00
Mezcladora de Concreto de 2 Sacos	bolsas / hora	12.00
Camión cisterna de 1,500 galones	L / hora	2,500.00
Bobcat (mini cargador)	m³ / hora	75.00

Fuente:((CAT), 2018)

Son los que ofrece la página oficial de la maquinaria CAT, pero ajustados a las condiciones nacionales con las entrevistas que se hicieron a diferentes ingenieros en las obras visitadas.

Anexo 15. Ficha técnica de la tubería PEAD-ADS corrugada

DIÁMETRO NOMINAL		DIÁMETRO MÍNIMO	DIÁMETRO EXTERIOR MEDIO	ESPESOR DE PARED MÍNIMO	ESPESOR DE PARED EN EL VALLE	RIGIDEZ NORMA		RIGIDEZ PTCORR	
(DN)				(e5)	(e4)	Kpa	psi	Kpa	SN
Pulg	mm	(DI)	mm	mm	mm				
4	100	100	122	0.60	1.00	460	69	460	8
6	150	145	176	1.00	1.30	441	64	441	8
8	200	195	234	1.10	1.50	414	60	419	8
10	250	245	294	1.50	1.80	400	58	403	8
12	300	294	366	1.70	2.00	372	54	419	8
15	375	369	447	2.00	2.40	310	45	332	6
18	450	450	530	2.20	2.80	297	43	302	6
24	600	588	707	2.50	3.50	262	38	265	5
30	750	751	884	2.50	4.30	228	33	240	5
36	900	902	1058	3.00	4.80	179	26	218	4
42	1050	1051	1203	3.20	5.00	172	25	173	3
48	1200	1185	1375	3.50	5.00	152	22	158	3
60	1500	1501	1692	4.00	5.00	138	20	145	3

Fuente: (TYCONSA, 2018)